

Politechnika Łódzka

Katedra Przyrządów Półprzewodnikowych i Optoelektronicznych

WWW.DSOD.PL

LABORATORIUM METROLOGII ELEKTRONICZNEJ

ĆWICZENIE nr **2**

WZORCOWANIE CYFROWYCH PRZYRZĄDÓW
POMIAROWYCH

Łódź 2010

CEL ĆWICZENIA:

Ćwiczenie ma na celu zapoznanie się z podstawowymi procedurami metrologicznymi dotyczącymi wzorcowania cyfrowych przyrządów pomiarowych oraz zastosowaniem elektronicznych źródeł referencyjnych do określania dokładności przyrządów.

SPECYFIKACJA APARATURY:

W ćwiczeniu wykorzystana zostanie następująca aparatura pomiarowa oraz oprogramowanie:

Aparatura

1. Multimetr stacjonarny (5³/₄ cyfry) z funkcją próbkowania RIGOL DM3051
2. Multimetr przenośny z zakresem wskazań (4 cyfry) typ APPA109N
3. Multimetr przenośny z zakresem wskazań (3¹/₂ cyfry) typu METEX 3278
4. Wielofunkcyjny multimetr analogowy typu PROTEK HD-3030S
5. Zestaw wzorcowych źródeł referencyjnych napięcia, rezystancji, częstotliwości

Oprogramowanie:

1. Program DATALOG do akwizycji danych z multimetru RIGOL DM3051
2. Program DATA4711 do sterowania generatorem DS1307
3. Arkusz kalkulacyjny z pakietu Office do przetwarzania danych z przyrządów pomiarowych

PODSTAWY TEORETYCZNE

Wzorcowanie to najczęściej wykonywana czynność metrologiczna związana z zapewnieniem dokładności aparatury pomiarowej i nadzorem technicznym nad przyrządami pomiarowymi i wskaźnikami. Wzorcowanie przeprowadzane jest przede wszystkim w celu zapewnienia wiarygodności otrzymywanych wyników pomiarów.

Wzorcowanie to czynności ustalające relację (najczęściej różnicę) między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy, a odpowiednimi wartościami wielkości fizycznych, realizowanymi przez wzorzec jednostki miary lub przyrząd wzorcowy wraz z podaniem niepewności wyniku pomiaru.

Na podstawie wzorcowania może zostać wydany oficjalny dokument (świadczenie wzorcowania) zawierający wyniki wzorcowania oraz poświadczający właściwości metrologiczne przyrządu lub też stwierdzenie zgodności przyrządu z wymaganiami prawnymi lub technicznymi.

Jeżeli przeprowadzone zostało wzorcowanie i stwierdzono, że przyrząd spełnia określone wymagania metrologiczne przez państwowy organ administracji miar (Główny Urząd Miar GUM, Okręgowe Urzędy Miar, Obwodowe Urzędy Miar, Jednostki akredytowane z upoważnieniem ministerialnym) wówczas wzorcowanie określa się mianem **legalizacji**.

W zależności od tego jaki przyrząd jest legalizowany może być przeprowadzona legalizacja jednostkowa, pierwotna lub ponowna.

Jeżeli natomiast przeprowadzono wzorcowanie i stwierdzono, że przyrząd pomiarowy spełnia wymagania metrologiczne przez inne jednostki posiadające akredytację państwową niż GUM, OUM wówczas wzorcowanie określa się mianem **uwierzytelniania**. Uwierzytelnianie powinno być przeprowadzone z zastosowaniem przyrządów wzorcowych i wzorców odniesionych do państwowych wzorców jednostek miar.

Zarówno legalizacja jak i uwierzytelnienie poświadczane są pisemnym oświadczeniem.

W celu utrzymania eksploatacji i nadzoru nad stanem technicznym aparatury pomiarowej czynności sprawdzające (wzorcowanie) powinno odbywać się

okresowo. Okres przez który uznawana jest ważność ostatniego sprawdzenia przyrządu / wskaźnika może być określony przez polskie prawo o miarach, dokumenty normalizacyjne publikowane przez Polski Komitet Normalizacyjny, prawo międzynarodowe (dyrektywy międzynarodowe) lub też przez zalecenia techniczne producenta aparatury pomiarowej. Częstość powtórzeń czynności sprawdzających jest zależna od warunków środowiskowych, specyfiki zastosowania, ważność utrzymania wiarygodności wskazań i wyników pomiarów oraz przede wszystkim dokładność samych przyrządów. Oznacza to, że dokładność precyzyjnych przyrządów pomiarowych może zmieniać się znacząco wraz z upływem czasu, w wyniku typowej eksploatacji lub starzenia się elementów i podzespołów zastosowanych do wytworzenia tych przyrządów. Utrzymanie wiarygodności wskazań szczególnie precyzyjnych przyrządów wymaga częstszego wzorcowania.

W przypadkach dotyczących przyrządów pomiarowych, które nie mają prawnie lub technicznie określonych wymagań dotyczących jak często powinny być wzorcowane stosuje się regułę iż powinny podlegać wzorcowaniu **raz na rok**.

Jeżeli wzorcowanie wykaże, że przyrząd nie spełnia wymagań technicznych lub prawnych nie może uzyskać świadectwa wzorcowania i nie może być dopuszczony do dalszej eksploatacji.

Uwarunkowania związane z wzorcowaniem:

1. Określone grupy przyrządów pomiarowych i wskaźników wymagają kontroli metrologicznej na drodze legalizacji. Do takich należą przyrządy stosowane w:
 - ochronie zdrowia, życia i środowiska,
 - ochronie bezpieczeństwa i porządku publicznego,
 - ochronie praw konsumenta,
 - przy pobieraniu opłat, podatków i innych należności budżetowych oraz ustalaniu opustów, kar umownych, wynagrodzeń i odszkodowań, a także przy pobieraniu i ustalaniu podobnych należności i świadczeń,
 - przy dokonywaniu kontroli celnej,
 - w obrocie publicznym
2. Kontrola metrologiczna przyrządów pomiarowych bez względu czy jest to wzorcowanie, uwierzytelnianie czy też legalizacja powinna odbywać się poprzez porównanie z wzorcami metrologicznymi lub przyrządami wzorcowymi, które odnoszą się do wzorców państwowych i posiadają ważny dokument poświadczający odniesienie do wzorców państwowych.

3. Utrzymanie reguły porównania z wzorcami państwowymi przy kolejnych etapach wzorcowania zapewnia utrzymanie spójności pomiarowej w procesie wzorcowania. Spójność pomiarowa zapewnia że wzorce państwowe mogą być w sposób pośredni transferowane do kolejnych etapów wzorcowania tworząc łańcuch powiązań wzorców stosowanych w kolejnych etapach wzorcowania.
4. Wzorcowanie może być wykonane we własnym zakresie przez użytkownika przyrządu pomiarowego ale wymaga zastosowania przyrządów wzorcowych lub wzorców które mają świadectwo wzorcowania i zachowują spójność pomiarową.
5. Wzorcowanie przyrządów pomiarowych sprowadza się do utrzymania wiarygodności wskazań czyli potwierdzenia że wskazania przyrządu nie odbiegają od dopuszczonych błędem granicznym (podanym przez producenta lub określonym na drodze sprawdzenia).
6. Świadectwo wzorcowania / legalizacji / uwierzytelnienia powinno zawierać kompletną informację zawierającą wynik sprawdzenia, warunki techniczne kontroli metrologicznej i sposób opracowania wyniku sprawdzenia. Przykładowa formuła zapisu wyniku wzorcowania przedstawiona została w zadaniu pierwszym.

PRZEBIEG ĆWICZENIA:

ZADANIE 1:

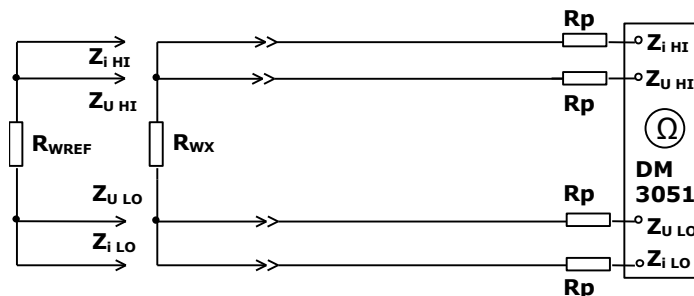
Wzorcowanie opornika wzorcowego o rezystancji znamionowej 1000Ω przy prądzie stałym

Procedurę wzorcowania opornika wzorcowego należy przeprowadzić na drodze porównania bezpośredniego z opornikiem wzorcowym referencyjnym za pomocą multimetru RIGOL DM3051.

Podłączenie wzorcowanego opornika badanego R_{WX} oraz opornika referencyjnego R_{WREF} odbywa się poprzez połączenie 4-zaciskowe (złącze Kelvina) zgodnie z rys.1. Przed rozpoczęciem procedury opornik R_{WX} powinien być stabilizowany przez 15 minutowe utrzymanie go w stałej temperaturze otoczenia (w warunkach pomiarowych).

W celu ustalenia warunków pomiaru należy:

- ustawić właściwy zakres pomiarowy multimetru DM3051,
- przełączyć w tryb pomiaru 4-zaciskowego rezystancji,
- określić średnią temperaturę pomiaru poprzez pomiar temperatury na początku i końcu 15-minutowego okresu stabilizacji,



Rys.1 Schemat podłączenia opornika referencyjnego i badanego do zacisków omomierza DM3051

R_{WX} – opornik wzorcowy badany; R_{WREF} – opornik wzorcowy referencyjny;

R_p – rezystancje zastępcze połączeń; Z_I – zaciski prądowe multimetru;

$Z_{U HI}$, $Z_{U LO}$, - zaciski napięciowe multimetru;

$Z_{I HI}$, $Z_{I LO}$, - zaciski prądowe multimetru;

Parametry opornika wzorcowanego RN37 Tyco Electronics:

- $R_N = R_{NX} = R_{NREF} = 1000\Omega$ (rezystancja znamionowa opornika wzorcowanego i wzorcowego)
- dokładność: $\pm 0,01\%$
- współczynnik temperaturowy ΔR_T : 5ppm/°C ($\Delta R_{TWX}, \Delta R_{TWREF}$)
- temperatura odniesienia 23°C
- obciążalność maksymalna w temperaturze 70°C: 0,1W
- maksymalne napięcie probiercze: 100V

W celu określenia wartości rezystancji opornika wzorcowego wykonać 5 pomiarów w odstępach 1 minutowych. Wyniki zanotować w tabeli 1.

i-ty nr pomiaru	$R_{i\ WX}$	$R_{i\ WREF}$	r	r_C	$\frac{\Delta R_{TWX}}{\Delta R_{TWREF}}$	ΔR_{DWREF}
	Ω	Ω	-	-	Ω	Ω
1						
2						
3						
4						
5						

Rezystancję opornika R_{WX} należy określić na podstawie równania (1):

$$R_{WX} = (R_{WREF} + \Delta R_{DWREF} + \Delta R_{TWREF}) \cdot r \cdot r_C - \Delta R_{TWX} \quad (1)$$

gdzie:

R_{WX} – wartość opornika badanego określona w procesie wzorcowania,

R_{WREF} – wartość opornika wzorcowego, referencyjnego podana w świadectwie wzorcowania,

r_i – iloraz wyniku pomiaru rezystora badanego i referencyjnego określony wzorem (2),

\bar{r} – wartość średnia ilorazu r określona na podstawie i-tej liczby pomiarów (w tym przypadku i=5) (3),

$s(\bar{r})$ – odchylenie standardowe eksperymentalne średniej ilorazu r określone na podstawie i-tej liczby pomiarów (w tym przypadku i=5) (4),

$$r_i = \frac{R_{i\ WX}}{R_{i\ WREF}} \quad (2)$$

$$\bar{r} = \frac{1}{i} \sum_{n=1}^i r_n \quad (3)$$

$$s(\bar{r}) = \sqrt{\frac{1}{i-1} \sum_{n=1}^i (r_n - \bar{r})^2} \quad (4)$$

r_c – współczynnik poprawkowy uwzględniający rozdzielczość przyrządu pomiarowego określony na podstawie zależności (5),

$$r_c = 1 + \frac{s(\overline{R_{iWX}}) - s(\overline{R_{iWREF}})}{R_N} \quad (5)$$

$\overline{R_{iWX}}$ – wartość średnia pomiarów rezystora wzorcowanego R_{iWX} określona na podstawie i-tej liczby pomiarów (w tym przypadku $i=5$),

$\overline{R_{iWREF}}$ – wartość średnia pomiarów rezystora wzorcowego R_{iWREF} określona na podstawie i-tej liczby pomiarów (w tym przypadku $i=5$),

$s(\overline{R_{iWX}})$ – odchylenie standardowe eksperymentalne średniej z pomiarów wartości R_{iWX} określone na podstawie i-tej liczby pomiarów (6),

$$s(\overline{R_{iWX}}) = \sqrt{\frac{\frac{1}{i-1} \sum_{n=1}^i (R_{nWX} - \overline{R_{iWX}})^2}{i}} \quad (6)$$

$s(\overline{R_{iWREF}})$ – odchylenie standardowe eksperymentalne średniej pomiarów wartości R_{iWREF} określone na podstawie i-tej liczby pomiarów (7),

$$s(\overline{R_{iWREF}}) = \sqrt{\frac{\frac{1}{i-1} \sum_{n=1}^i (R_{nWREF} - \overline{R_{iWREF}})^2}{i}} \quad (7)$$

ΔR_{DWREF} – zmiana rezystancji wywołana dryftem rezystancji opornika referencyjnego

ΔR_{TWREF} – zmiana rezystancji wywołana dryftem termicznym opornika referencyjnego (8)

ΔR_{TWX} – zmiana rezystancji wywołana dryftem termicznym opornika badanego (8)

T – temperatura otoczenia podczas wzorcowania

T_{REF} – temperatura referencyjna wzorcowania 23°C

$$\begin{aligned} \Delta R_{TWX} &= \Delta R_T \cdot R_{NX} (T - T_{REF}) \\ \Delta R_{TWXREF} &= \Delta R_T \cdot R_{NREF} (T - T_{REF}); \quad 1\text{ppm} = 10^{-6} \end{aligned} \quad (8)$$

R_{iWX} – i-ty pomiar opornika badanego

R_{iWREF} – i-ty pomiar opornika referencyjnego

ΔR – błąd pomiaru oporników badanego i referencyjnego wynikający z rozdzielczości wskazań przyrządu (dokumentacja przyrządu)

R_N, R_{NWX}, R_{NREF} – rezystancja znamionowa oporników wzorcowanego i wzorcowego (1000Ω)

Tabela 2. Analiza metrologiczna dotycząca wzorcowania opornika 1000 Ω

Symbol wielkości	Wartość wielkości	Niepewność standardowa		Rozkład prawdopodobieństwa	Współczynnik wrażliwości	Udział w łącznej niepewności standardowej $u_i(R_{WX})$
	Ω	Ω		-	-	Ω
R_{WREF}		$u(R_{WREF})$		Normalny	1.0	
ΔR_{DWREF}		$u(R_{DWREF})$		Prostokątny	1.0	
ΔR_{TWREF}		$u(R_{TWREF})$		Prostokątny	1.0	
ΔR_{TWX}		$u(R_{TWX})$		Prostokątny	1.0	
r_C		$u(r_C)$		Trójkątny	1000 Ω	
r		$s(\bar{r})$		Normalny	1000 Ω	
R_{WX}						

Obliczanie niepewności typu A, B, łącznej $u_i(R_{WX})$ zgodnie z instrukcją do ćwiczenia 1. W celu określenia w tabeli udziału w łącznej niepewności $u_i(R_{WX})$ należy każdą z niepewności składowych pomnożyć przez odpowiadający jej współczynnik wrażliwości. Dla rozkładu prawdopodobieństwa prostokątnego niepewność standardowa obliczana jako niepewność typu B zgodnie z zależnością $\Delta R_{DWREF} / \sqrt{3}$; $\Delta R_{TWREF} / \sqrt{3}$; $\Delta R_{TWX} / \sqrt{3}$. Wartość niepewności $u(r_C)$ określa zależność (9),

$$u(r_C) = \sqrt{\frac{2C_R^2}{R_N^2}} \quad (9)$$

C_R – rozdzielczość przyrządu pomiarowego (w tym przypadku $C_R = 0.01 \Omega$),
 $R_N = R_{NW} = R_{NWREF} = 1000 \Omega$ – rezystancja znamionowa oporników wzorcowanego i wzorcowego.

Obliczanie niepewności rozszerzonej U_{RW} określa się w oparciu o niepewność łączną $u_i(R_{WX})$ zgodnie z zależnością (10):

$$U_{RW} = k \cdot u_i(R_{WX}) = k \cdot \sqrt{u(R_{WREF})^2 + u(R_{DWREF})^2 + u(R_{TWREF})^2 + u(R_{TWX})^2 + u(r_C)^2 + u(r)^2} \quad (10)$$

Zapis wyniku pomiaru powinien zostać wyrażony zgodnie z podaną formułą:

Zmierzona wartość rezystancji opornika o nominalnej wartości 1000Ω w temperaturze pomiaru °C . wynosi (..... ±)Ω.

Podana niepewność rozszerzona pomiaru została określona jako niepewność standardowa pomiaru pomnożona przez współczynnik rozszerzenia $k = \dots\dots\dots$, co dla rozkładu normalnego jest równoznaczne z poziomem ufności wynoszącym w przybliżeniu %.

ZADANIE 2

Sprawdzanie dokładności wskazania omomierzy w multimetrach cyfrowych

Wykorzystując opornik badany poddany wzorcowaniu w zadaniu 1 należy wykonać sprawdzenie omomierzy w przyrządach określonych przez prowadzącego.

W tym celu należy wykonać pojedynczy pomiar w warunkach ustabilizowanych (około 1 minuta od uruchomienia układu pomiarowego).

Tabela 3. Wyniki pomiarów przy sprawdzaniu omomierzy

Typ przyrządu	Wskazanie przyrządu R_{iwx}	Wartość poprawna R_{wx}	Różnica $\Delta R = R_{wx} - R_{iwx}$	Błąd graniczny przyrządu $\Delta_{lim}R$	Wynik sprawdzenia
Nr zakresu	Ω	Ω	Ω	Ω	-
Rigol DM3051					
Zakres 4k Ω					
Zakres 40k Ω					
Zakres 400k Ω					
APPA 109N					
Zakres 2000 Ω					
Zakres 20k Ω					
Zakres 200k Ω					
METEX 3270D					
Zakres (auto)					
PROTEK HC3030S					
Zakres x10 Ω					
Zakres x1k Ω					

R_{iwx} – wartość zmierzona opornika wzorcowego R_{wx} omomierzem na zakresie pomiarowym I,II, lub III (zakresy określone w dokumentacji przyrządów),

R_{wx} – wartość poprawna opornika wzorcowego określona w zadaniu 1,

ΔR – różnica pomiędzy wskazaniem przyrządu w danym zakresie pomiarowym, a wartością poprawną,

$\Delta_{lim}R$ – błąd graniczny przyrządu określony na podstawie danych z dokumentacji technicznej Przyrządu,

Wynik sprawdzenia stanowi odpowiedź czy różnica ΔR znajduje się dopuszczalnych granicach zmienności określonych błędem granicznym

ZADANIE 3

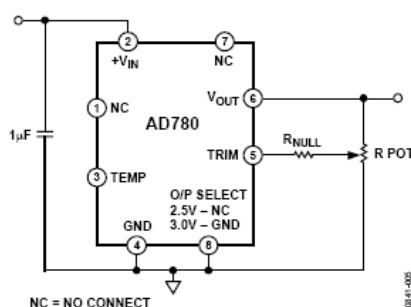
Sprawdzanie dokładności wskazania multimetrów cyfrowych dla napięć stałych w zakresie 2.5÷10V

Procedura sprawdzenia przyrządów pomiarowych z funkcją pomiaru napięcia stałego odbywa się na drodze pomiaru bezpośredniego wartości napięć pochodzących z elektronicznych źródeł referencyjnych. W celu sprawdzenia należy wykonać pomiar napięć referencyjnych uznawanych jako wzorcowe, określić dokładność wzorców i dokładność pomiaru.

W zadaniu zastosowane są następujące elektroniczne źródła referencyjne napięcia:

I. Scalone źródło napięcia referencyjnego AD780 (Analog Devices) 2.5V/3.0V
Parametry źródła napięciowego:

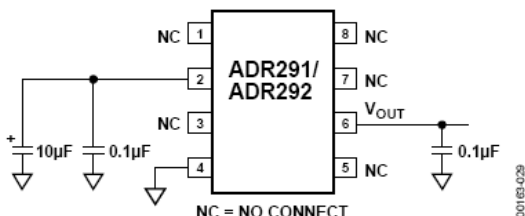
- Napięcie wyjściowe w 23°C: $U_{rev}=2.500V/3.000V$
- Dokładność napięcia wyjściowego $\pm 0.005V$
- Stabilność długoterminowa napięcia wyjściowego: $\pm 20ppm/1000godz.$
- Zmiana napięcia wyjściowego w zakresie $-40^{\circ}C+85^{\circ}C$: $7ppm/^{\circ}C$
- Szum napięcia wyjściowego w zakresie częstotliwości 0.1-10Hz: $4\mu Vp-p$



Rys. 2 Schemat podłączenia układu AD780 jako źródła napięcia referencyjnego 2.500V/3.000V

II. Scalone źródło napięcia referencyjnego ADR292 (Analog Devices) 4.096V
Parametry źródła napięciowego:

- Napięcie wyjściowe w 23°C: $U_{rev}=4.096V$
- Dokładność napięcia wyjściowego $\pm 0.006V$
- Stabilność długoterminowa napięcia wyjściowego: $\pm 50ppm/1000godz.$
- Zmiana napięcia wyjściowego w zakresie $-40^{\circ}C+85^{\circ}C$: $25ppm/^{\circ}C$ (maks.)
- Szum napięcia wyjściowego w zakresie częstotliwości 0.1-10Hz: $12\mu Vp-p$

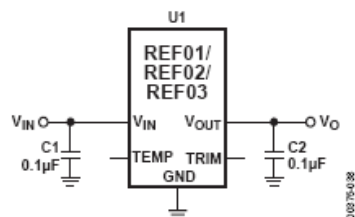


Rys. 3 Schemat podłączenia układu ADR292 jako źródła napięcia referencyjnego 4.096V

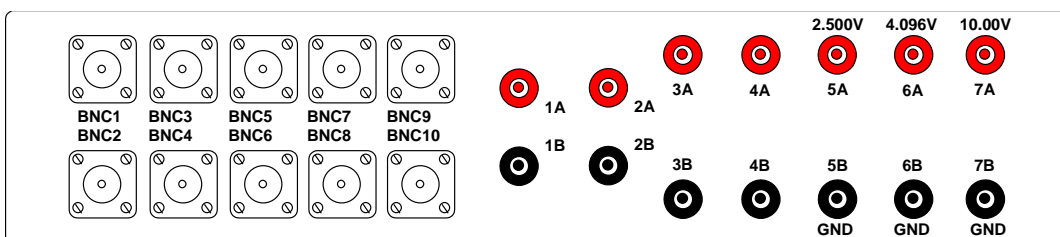
III. Scalone źródło napięcia referencyjnego REF01C (Analog Devices) 10.00V

Parametry źródła napięciowego:

- Napięcie wyjściowe w 23°C: $U_{rev}=10.00V$
- Dokładność napięcia wyjściowego $\pm 0.10V$
- Stabilność długoterminowa napięcia wyjściowego: $\pm 50ppm/1000godz.$
- Zmiana napięcia wyjściowego w zakresie $-40^{\circ}C+85^{\circ}C$: $65ppm/^{\circ}C$ (maks.)
- Szum napięcia wyjściowego w zakresie częstotliwości 0.1-10Hz: $15\mu Vp-p$



Rys. 4 Schemat podłączenia układu REF01C jako źródła napięcia referencyjnego 10.00V



Opis wyprowadzeń napięć referencyjnych na panelu frontowym kasety:

- Zacisk nr 5A – 2.500V/3.000V wyjście (V_{OUT}) układu AD780
- Zacisk nr 6A – 4.096V wyjście (V_{OUT}) układu ADR292
- Zacisk nr 7A – 10.00V wyjście (V_{OUT}) układu REF10C
- Zacisk nr 7B – GND

W celu wykonania procedury sprawdzenia woltomierzy wykonać pomiar napięć referencyjnych zgodnie z tabelą 4.

Tabela 4. Wyniki pomiarów przy sprawdzaniu woltomierzy napięcia stałego

Typ układu	Wskazanie przyrządu $U_{i REF}$	Wartość poprawna U_{REF}	Różnica $\Delta U =$ $U_{REF} - U_{i REF}$	Błąd graniczny pomiaru $\Delta_{lim} U$	Wynik sprawdzenia
-	mV	mV	mV	mV	-
Woltomierz Rigol DM3051					
AD780/2.5		2500			
AD292		4096			
REF01C		10000			
Woltomierz APPA 109N					
AD780/2.5		2500			
AD292		4096			
REF01C		10000			
Woltomierz METEX 3270D					
AD780/2.5		2500			
AD292		4096			
REF01C		10000			
Woltomierz PROTEK HC3030S					
AD780/2.5		2500			
AD292		4096			
REF01C		10000			

$U_{i REF}$ – wartość zmierzona napięcia referencyjnego U_{REF} woltomierzem na zakresie pomiarowym optymalnym dla danej wartości

U_{REF} – wartość poprawna napięcia wzorcowego określona w dokumentacji tech.

ΔU – różnica pomiędzy wskazaniem przyrządu, a wartością poprawną,

$\Delta_{lim} U$ – błąd graniczny przyrządu określony na podstawie danych z dokumentacji technicznej przyrządu,

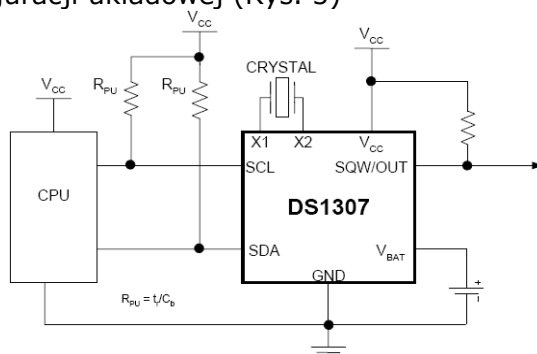
Wynik sprawdzenia stanowi odpowiedź czy różnica ΔU znajduje się dopuszczalnych granicach zmienności określonych błędem granicznym danego przyrządu

ZADANIE 4

Sprawdzanie wskazań częstotliwościomierza za pomocą generatora częstotliwości wzorcowej 1,000Hz / 4096Hz / 8192Hz / 32768Hz

Procedura sprawdzenia częstotliwościomierza za pomocą generatora częstotliwości wzorcowej wykonywana jest na drodze bezpośredniego pomiaru częstotliwości częstotliwościomierzem DM3051. Źródłem fali prostokątnej o częstotliwości nastawianej 1,000Hz, 4096Hz, 8192Hz, 32768Hz jest układ scalonego zegara RTC DS1307 (Maxim IC).

W zadaniu zastosowany został układ scalony zegara RTC DS1307 w następującej konfiguracji układowej (Rys. 5)



Rys. 5 Schemat podłączenia układu DS1307 jako źródła częstotliwości wzorcowej

Wyjście SQW/OUT sygnałowe o częstotliwości wzorcowej dostępne jest na panelu frontowym na złączu BNC7.

Zmiana częstotliwości wyjściowej oraz włączanie / wyłączenie wyjścia SQW/OUT dostępne jest z poziomu programu DATA4711.exe/zakładka Generator DS.

W celu wykonania procedury sprawdzenia częstotliwościomierzy wykonać pomiar częstotliwości referencyjnych zgodnie z tabelą 5.

Tabela 5. Wyniki pomiarów przy sprawdzaniu częstotliwościomierzy

Częstotliwość wzorcowa	Wskazanie przyrządu $f_{i\text{REF}}$	Wartość poprawna f_{REF}	Różnica $\Delta f = f_{\text{REF}} - f_{i\text{REF}}$	Błąd graniczny pomiaru $\Delta_{\text{lim}f}$	Wynik sprawdzenia
Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	-
Rigol DM3051					
1.000					
4096					
8192					
32768					
APPA 109N					
4096					
8192					
32768					

$f_{i\text{REF}}$ – wartość zmierzona częstotliwości referencyjnej f_{REF} częstotliwościomierzem na zakresie pomiarowym optymalnym dla danej wartości

f_{REF} – wartość poprawna częstotliwości referencyjnej określona w dokumentacji tech.

Δf – różnica pomiędzy wskazaniem przyrządu, a wartością poprawną,

$\Delta_{\text{lim}f}$ – błąd graniczny przyrządu określony na podstawie danych z dokumentacji technicznej przyrządu,

Wynik sprawdzenia stanowi odpowiedź czy różnica Δf znajduje się dopuszczalnych granicach zmienności określonych błędem granicznym danego przyrządu

UWAGI KOŃCOWE

Wersja instrukcji 3

LITERATURA I MATERIAŁY DODATKOWE

1. Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik. Główny Urząd Miar, Warszawa 1999
2. Międzynarodowy słownik podstawowych i ogólnych terminów metrologii. Główny Urząd Miar, Warszawa 1996
3. Dusza J., Gortat G., Leśniewski A.: Podstawy miernictwa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998
4. Tumański S.: Technika pomiarowa, WNT, Warszawa 2007
5. Kalus-Jęcek B., Kuśmierk Z.: Wzorce wielkości elektrycznych i ocena niepewności pomiaru, Politechnika Łódzka, Łódź 2000
6. Piotrowski J., Kostyrko K., Wzorcowanie aparatury pomiarowej: podstawy teoretyczne i trasabilność według norm ISO 9000 i zaleceń międzynarodowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000

Materiały dodatkowe:

Prawo o miarach - Dz.U. 2004 Nr 243 poz. 2441 z 4 listopada 2004

Norma PN-EN ISO 10012:2004 **Systemy zarządzania pomiarami** --
Wymagania dotyczące procesów pomiarowych i wyposażenia pomiarowego

POLITECHNIKA ŁÓDZKA

KATEDRA PRZYRZĄDÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH I OPTOELEKTRONICZNYCH

WWW.DSOD.PL

LABORATORIUM METROLOGII ELEKTRONICZNEJ

ĆWICZENIE NR:	
TEMAT:	

GRUPA LABORATORYJNA		Kierunek/Semestr	
Lp.	NAZWISKO IMIĘ	NR ALBUMU	
1			
2			
3			
4			

Prowadzący:	
Dzień tygodnia: Data wykonania ćwiczenia:	
Data oddania sprawozdania:	
Ocena:	
Uwagi:	