

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY

Katedra Telekomunikacji i Aparatury Elektronicznej

Laboratorium z przedmiotu:

Pracownia Technologiczna

Kod przedmiotu: **TS1C610 217**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych

Numer ćwiczenia: **1**

Temat ćwiczenia: **Projekt, montaż i uruchomienie
termometru z linijką diodową**

Opracował: dr inż. Maciej Sadowski
Białystok – luty 2018

1. Cel ćwiczenia laboratoryjnego

Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności z zakresu konstrukcji, wykonywania oraz badania właściwości podstawowych układów elektronicznych. Ćwiczenie składa się z trzech etapów.

W pierwszym z nich należy skonstruować zadany w danym ćwiczeniu układ korzystając jedynie ze schematu blokowego. Po dokonaniu odpowiednich obliczeń należy naszkicować schemat ideowy i nanieść nań wyznaczone wartości elementów.

W drugim etapie należy zmontować zaprojektowany układ na płytce uniwersalnej oraz sprawdzić poprawność wykonanych połączeń.

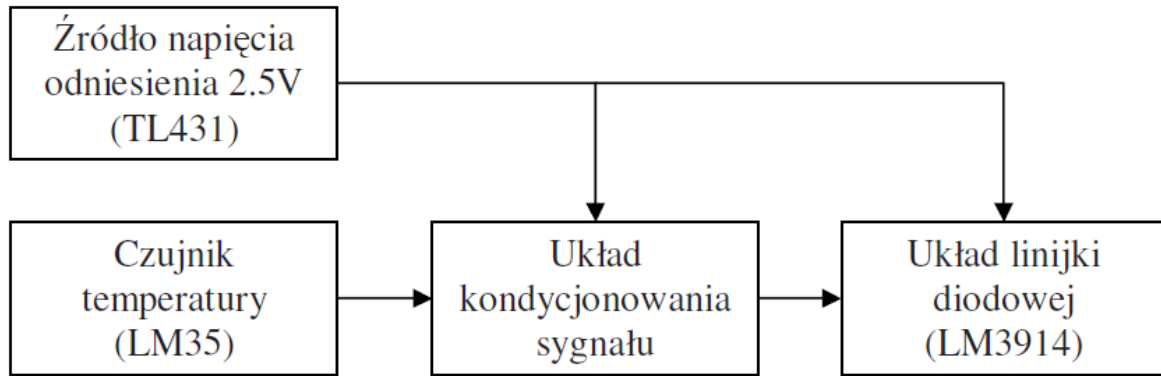
W ostatnim etapie należy uruchomić układ oraz zweryfikować jego działanie z założeniami projektowymi. Po pozytywnej weryfikacji należy rozlutować płytki uniwersalne w taki sposób, aby nie dokonać znaczących uszkodzeń elementów oraz druku.

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia należy zapoznać się z dokumentami udostępnionymi przez prowadzącego: [Technologia montażu elektroniki.pdf](#) oraz [Podstawowe_zasady_projektowania_pcb.pdf](#). Stanowią one wprowadzenie do Pracowni Technologicznej.

2. Wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego

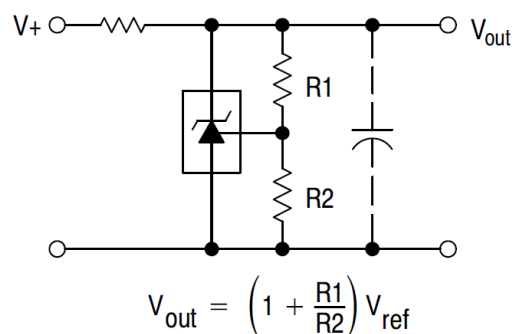
Przed przystąpieniem do procedury projektowej należy poznać założenia. Termometr winien dokonywać pomiarów temperatury w jednym z zakresów podanych przez prowadzącego ćwiczenie.

Wynik ma być prezentowany za pośrednictwem dziesięciu diod LED ułożonych w linii. Sposób zasilania układu oraz układy stabilizacji napięcia powinny być zaproponowane przez konstruktora. W celu ułatwienia procesu opracowywania schematu ideowego na Rys. 1 przedstawiono schemat blokowy termometru.



Rys. 1. Schemat blokowy termometru z linijką diodową.

Źródło napięcia odniesienia powinno być skonstruowane w oparciu o układ scalony TL431 znany również pod nazwą „programowalnej diody Zenera”. Schemat aplikacyjny tego układu scalonego zamieszczono na Rys. 2. Należy tak dobrać wartości rezystorów (R1 oraz R2), aby napięcie referencyjne wynosiło 5V. Należy również oszacować wartość rezystora ograniczającego prąd.



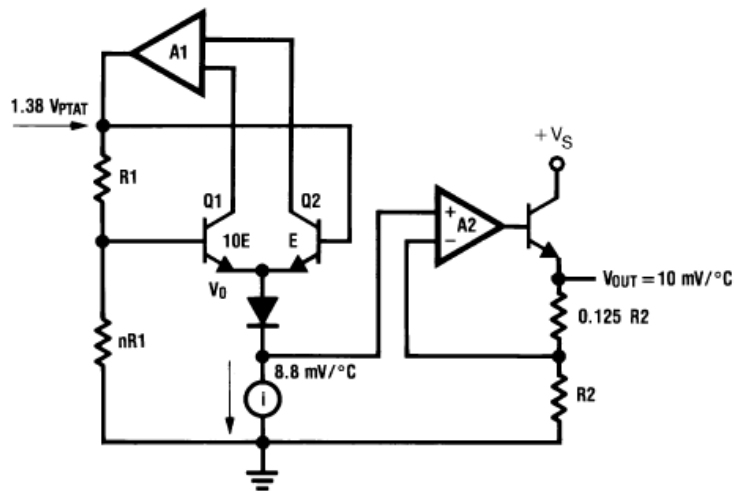
Rys. 2. Schemat aplikacyjny układu TL431 jako regulowanego źródła napięcia.

Seria układów LM35 są to precyzyjne, zintegrowane czujniki temperatury, których napięcie wyjściowe jest liniowo zależne od temperatury. Układy te są fabrycznie skalibrowane do pomiaru temperatury w różnych zakresach, w zależności od modelu (LM35A - -55°C-150°C, LM35C/CA - -40°C-110°C, LM35D - 0°C-100°C).

W przypadku zasilania niesymetrycznego, napięciem 4-20V, sygnały wyjściowy jest opisany zależnością:

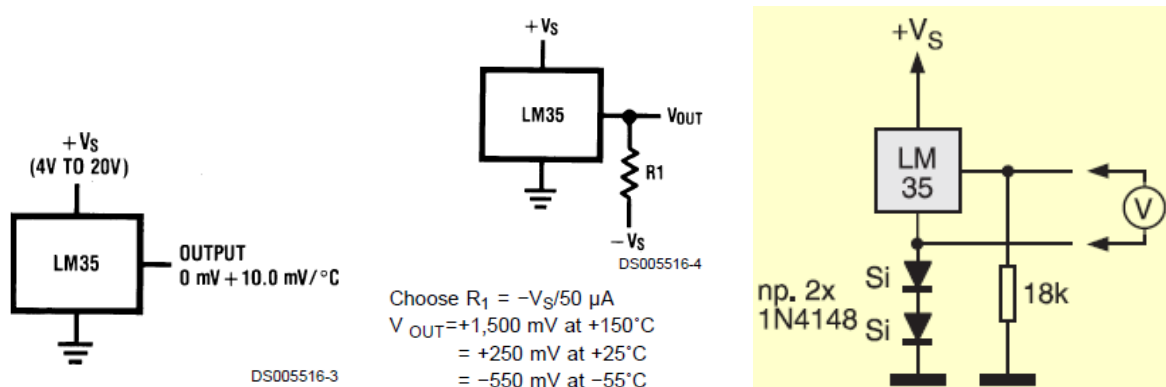
$$U_{\text{wy}} = 0\text{mV} + (10.0\text{mV}/^{\circ}\text{C}) \cdot T_{\text{amb}}$$

Takie napięcie jest utrzymywane pomiędzy wyprowadzeniami *out* i masy układu.



Rys. 3. Idea pracy układu LM35.

Należy zwrócić uwagę na dynamikę układu: w przypadku układu LM35D wynosi ona od 0 do 1V na wyjściu dla pełnego zakresu pomiaru temperatury. Układ wyświetlania temperatury musi być dopasowany do tej dynamiki. W przypadku konieczności uzyskania większej dynamiki należy rozważyć wykorzystanie wzmacniacza operacyjnego. Alternatywą dla takiego rozwiązania jest zwiększenie nachylenia charakterystyki przetwarzania (patrz dalej).



Rys. 4. Schematy aplikacyjne układu LM35.

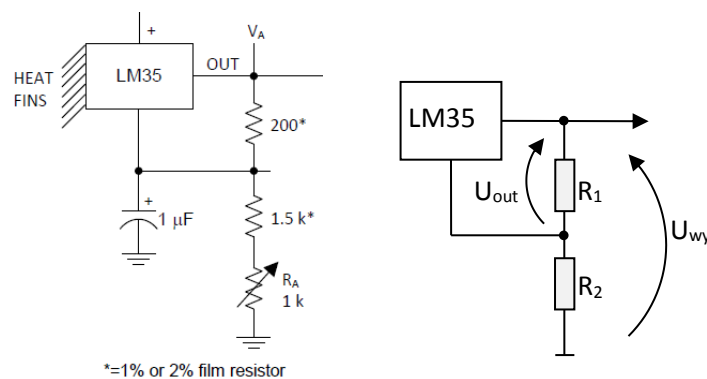
Możliwa jest także budowa układów mierzących temperaturą zarówno dodatnią jak i ujemną (tzw. Full-range centigrade temperature sensor). W karcie aplikacyjnej (prod. Texas Instruments, SNIS159D – August 1999 –Rev. October 2013) przedstawione są także konfiguracje umożliwiające pracę układu jako

źródło prądowe, jako termometr z napięciem wyjściowym w skali Fahrenheita oraz jako elementy termometrów ze wskaźnikami wychyłowymi lub z linijka diodową (sterownik LM3914).

Przeliczenie skala Fahrenheita na Celsjusza oraz odwrotnie.

$$T_C = \frac{5}{9} \cdot (T_F - 32) = \frac{(T_F - 32)}{1.8} \text{ oraz } T_F = (T_C \cdot 1.8) + 32$$

Sposób zwiększenia nachylenia charakterystyki przetwarzania.



Rys. 5. Sposoby zwiększenia charakterystyki przetwarzania układu LM35.

Nachylenie charakterystyki przetwarzania można zmienić wprowadzając dzielnik rezystancyjny na wyjściu układu. Wyznamy nachylenie charakterystyki przetwarzania k . Oznaczmy rezystory dzielnika jako R_1 (pomiędzy zaciskami OUT i GND) i R_2 (do masy). Korzystając z zależności na rezystancyjny dzielnik napięcia możemy zapisać:

$$U_{wy} - U_{out} = U_{wy} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_{out} = U_{wy} \cdot \left(1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

$$U_{out} = U_{wy} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_{wy} = U_{out} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} = U_{out} \cdot k, \text{ gdzie } U_{out} = 10 \frac{mV}{^\circ C} \cdot T_{amb}$$

$$k = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Warunek na dobór R_2 :

Maksymalne napięcie U_{out} jest zależne od temperatury (zakładamy maksymalną mierzoną temperaturę 25°C , $k=10$) i wynosi $U_{out_max} = k \cdot 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} \cdot 25^\circ\text{C} = 2500\text{mV}$.

Maksymalny prąd wyjściowy to 10 mA. Wobec tego z prawa Ohma mamy:

$$R_2 = \frac{2500\text{mV}}{10\text{mA}} = 250\Omega.$$

Należy także zauważyć, że zaniedbujemy prąd końcówki GND. Jest on niewielki i wprowadza niewielki błąd w doborze k . Aby móc precyzyjnie dobrać rzeczywistą wartość k należy rezystor R_2 zastąpić szeregowym połączeniem rezystora i potencjometru.

Zakres zmian napięcia z czujnika temperatury można zmienić również poprzez zastosowanie wzmacniacza operacyjnego w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego.

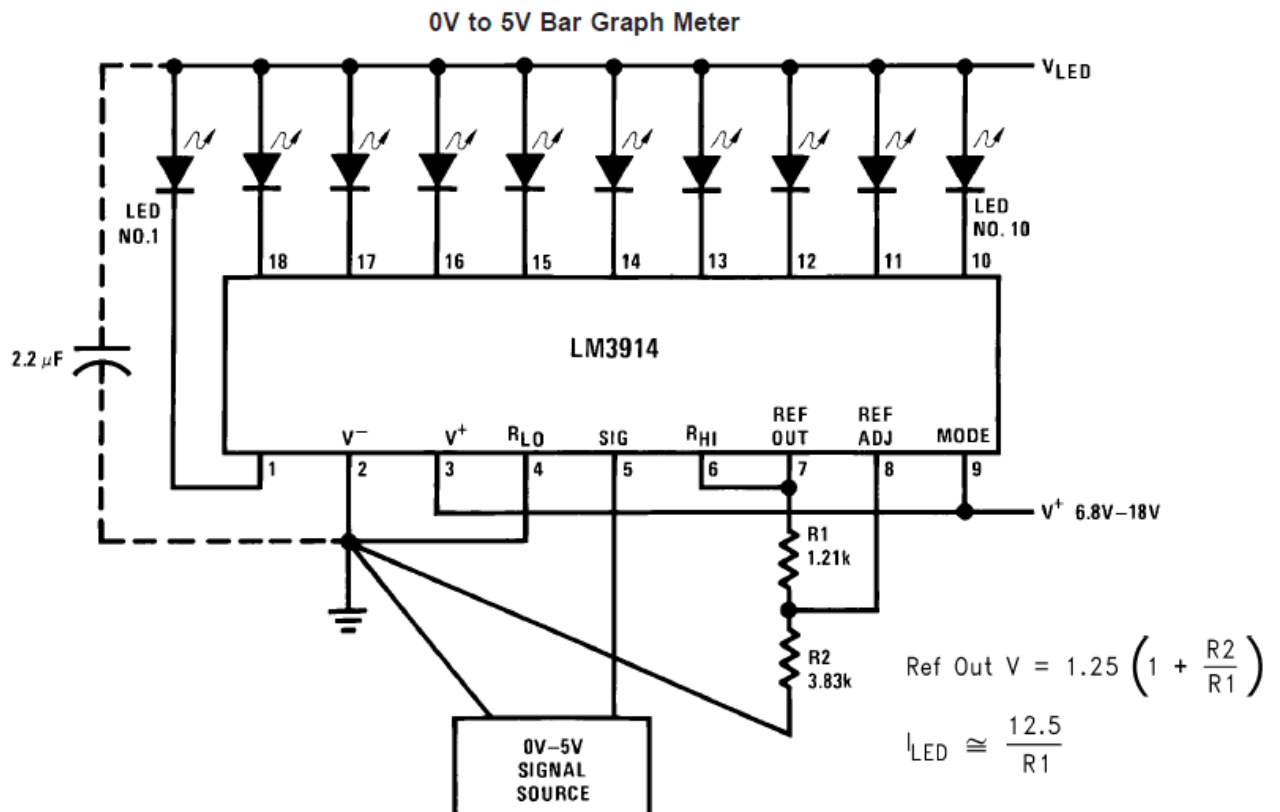
Układ kondycjonowania sygnału może być oparty o dowolne wzmacniacze operacyjne ogólnego przeznaczenia przystosowane do zasilania napięciem niesymetrycznym (np. LM324 lub LM358). Można również pominąć wykorzystanie wzmacniaczy i realizację układu kondycjonera na układzie LM3914. Jego schemat aplikacyjny przedstawiono na Rys. 4.

Układ LM3914 jest zintegrowanym monolitycznym sterownikiem liniiki diodowej – może sterować do 10 diod. Katody diod są dołączane bezpośrednio do wyprowadzeń układu, bez konieczności użycia rezystorów – prąd diod jest programowany i regulowany przez układ poprzez dobór wartości rezystora na wyprowadzeniu 7.

Analizując jego strukturę, możemy też powiedzieć, że jest to układ liniowego woltomierza (zestaw komparatorów), wskazującego na zaciskach wyjściowych (diody) napięcie z zakresu pomiędzy dolnym napięciem odniesienia (wyprowadzenie 4, REF LO) i górnym napięciem odniesienia (wyprowadzenie 6, REF HI). Układ posiada dodatkowo wbudowane źródło napięcia referencyjnego 1,28 V, które można wykorzystać do określenia napięć referencyjnych (układ dzielnika rezystancyjnego). Istnieje możliwość regulacji wartości tego napięcia, co bardzo upraszcza projektowanie układów pracy.

Układ może pracować w jednym z dwóch trybów pracy: bar (słupek) lub dot (punkt).

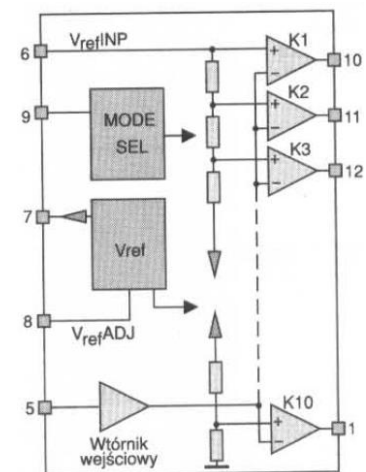
Struktura układów jest tak zaprojektowana, że umożliwia łatwe rozszerzenie zakresu pomiarowego lub zwiększenie rozdzielczości poprzez połączenie kaskadowe kilku układów.



Rys. 6. Schemat aplikacyjny układu LM3914.

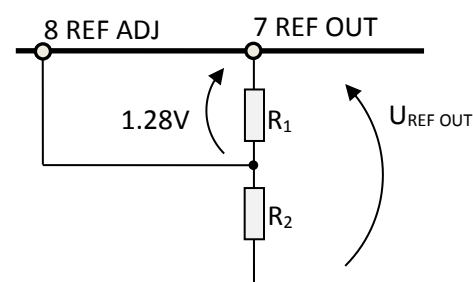
Opis wyprowadzeń układu:

- 1- wy sterujące diodą LED (katoda)
- 2- ujemne napięcie zasilania V-/masa
- 3-dodatnie napięcie zasilania V+ (3 do 25 V)
- 4- RLO – dolne napięcie referencyjne
- 5- wejście sygnału sterującego
- 6-RHI – górne napięcie referencyjne
- 7- REF OUT – wyjście źródła napięcia odniesienia 1,28V
- 8- REF ADJ – zmiana wartości napięcia odniesienia
- 9- wybór trybu pracy diod bar/dot
- 10-18 wy sterujące diodą LED (katoda)



Zmiana wartości napięcia odniesienia

Układ zawiera wbudowane źródło napięcia odniesienia o wartości 1.28 V. Wartość ta jest utrzymywana pomiędzy wyprowadzeniami 7 i 8 układu scalonego. Wartość napięcia na wyjściu 7 REF OUT może zostać zmieniona poprzez dołączenie dzielnika rezystancyjnego: jeden rezystor pomiędzy wyprowadzenia 7 i 8, zaś drugi pomiędzy wyprowadzeniem 8 i masą. Wartość napięcia wyjściowego na zacisku 7 można wyznaczyć w analogiczny sposób, jak dla dzielnika rezystancyjnego w układzie LM35. Odpowiednie zależności podane są także w karcie katalogowej.



$$U_{REF\ OUT} = 1.28 \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1.28 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 1.28 \cdot k$$

Wykorzystując tę zależność można dobrać tak wartości rezystorów dla dzielników układów LM35 i LM3914, aby wykorzystać tylko wewnętrzne źródło odniesienia do pracy termometru.

W tym celu należy:

1. Dobrać wartość współczynnika przetwarzania układu LM35, aby zakres zmian napięcia w mierzonym zakresie temperatur wynosił 1.28 V (wartość napięcia pomiędzy wyprowadzeniami 7 i 8 układu LM3914). (współczynnik jest zależny od zakresu pomiaru temperatur, tu wynosi około 13)
2. W układzie LM3914 połączyć wyprowadzenie 6 (R HI) z wyprowadzeniem 7, zaś wyprowadzenie 4 (R LO) z zaciskiem 8.

Przy doborze wartości rezystorów w układzie LM3914 należy pamiętać, że rezystor dołączony do wyprowadzenia 7 odpowiada za jasność świecenia diod LED. Typowe wartości prądu diod LED można odczytać z charakterystyk w karcie katalogowej LM3914, tam można też znaleźć zależność pomiędzy wartością rezystora R_1 i prądem diod.

Jeżeli nie zamierzamy wykorzystywać wewnętrznego źródła napięcia odniesienia, odpowiednie wartości napięć odniesienia na wyprowadzeniach 4 i 6 układu scalonego LM3914 (zakres analizowanych napięć) można uzyskać stosując zewnętrzne źródło napięcia odniesienia np. TL431. Potrzebną wartość

napięcia można uzyskać poprzez dobór wartości rezystorów dzielnika. Odpowiednie zależności umieszczone są w karcie katalogowej układu.

3. Program badań

Po złożeniu i uruchomieniu układu należy przeprowadzić zgrubną kalibrację układu kondycjonera oraz sprawdzić poprawność działania układu w zakresie pomiaru temperatury. Należy również dokonać szacunkowej oceny liniowości wykonanego układu. Po zakończeniu badań układ należy rozmontować z należytą starannością.

4. Wymagania BHP

W trakcie realizacji programu ćwiczenia należy przestrzegać zasad odczytanych i omówionych we wstępie do ćwiczeń, zawartych w: „Regulaminie porządkowym w laboratorium z miernictwa przemysłowego z uwzględnieniem przepisów BHP” oraz w „Instrukcji obsługi urządzeń elektronicznych znajdujących się w laboratorium z uwzględnieniem przepisów BHP”. Regulamin i instrukcja są dostępne w pomieszczeniu laboratoryjnym w widocznym miejscu.

5. Literatura.

1. Horowitz P., Hill W.: „Sztuka elektroniki”, tom 1. WKŁ, Warszawa, 2003.
2. Tietze U., Schenk Ch., „Układy półprzewodnikowe”, WNT, Warszawa, 2009.
3. Nota aplikacyjna układu TL431.
4. Nota aplikacyjna układu LM35.
5. Nota aplikacyjna układu LM3914.