

# Diodowy wskaźnik napięcia

## „Wychyłowy” wskaźnik napięcia z AT89C51

*Wskaźnik jest dopasowany do obudowy popularnego niegdys miernika wskazówkowego używanego na przykład we wzmacniaczach i magnetofonach jako wskaźnik wysterowania. Do jego konstrukcji zastosowano mikrokontroler AT89C2051 oraz ciekawą metodę pomiaru za pomocą komparatora analogowego.*

**Rekomendacje:** wskaźnik będzie ciekawym uzupełnieniem zestawu muzycznego lub tablicy kontrolnej; można go użyć w miejsce uszkodzonego miernika z ustrojem elektromagnetycznym lub zastosować w zupełnie nowej konstrukcji.

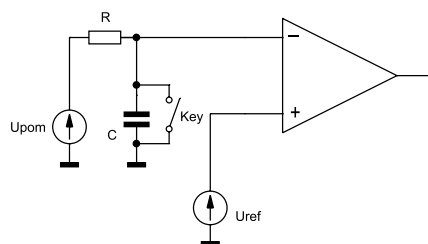
Znajomy poprosił mnie o wykonanie wskaźnika napięcia, który miał zabudować w jakimś stanowisku w miejsce wysłużonych woltomierzy wskazówkowych. Sugerował przy tym zastosowanie zapomnianych dziś układów scalonych UL1970. Niestety, okazało się, że są one trudnodostępne w handlu. Poza tym gotowy układ miał mieć płytkę o małych wymiarach 50 mm×50 mm, stąd zrodził się pomysł na zastosowanie mikrokontrolera. Zresztą współcześnie, zupełnie inaczej niż kiedyś, należałoby postawić pytanie: dlaczego nie zastosować mikrokontrolera?

Oczywiście, jest wiele mikrokontrolerów mających wbudowane w swoje struktury przetworniki A/D, jednak ze względu na zapasy AT89C51 zalegające w szufladzie zdecydowałem się na jego zastosowania. Zadanie pomiarowe potraktowałem też jako okazję do przyjrzenia się metodzie pomiaru napięcia za pomocą komparatora analogowego.

Wskaźnik mierzy napięcie w zakresie od 0 do 100 V DC, ale w łatwy sposób można zmienić zakres pomiarowy.

### Metoda pomiaru napięcia

Do pomiaru napięcia zastosowałem komparator analogowy, w który jest wyposażony mikrokontroler AT89C2051. W metodzie pomiarowej mierzy się czas narastania napięcia na kondensatorze ładowanym przez znaną rezystancję. Na **rysunku 1** przedstawiono ogólny schemat pozwalający zrozumieć tą metodę. Przed rozpoczęciem pomiaru klucz Key jest zwarty. Wówczas napięcie na kondensatorze  $U_c = 0$  V. Napięcie  $U_{ref}$  podawane na dodatnie wejście komparatora jest napięciem referencyjnym ze wzorca. Na



**Rysunek 1.** Schemat wyjaśniający metodę pomiaru napięcia

wyjściu komparatora panuje poziom wysoki. W chwili rozpoczęcia pomiaru klucz Key jest otwierany i napięcie na kondensatorze  $U_c$  rośnie wykładniczo, co pokazano na **rysunku 2**. W chwili otwarcia klucza należy włączyć uruchomić funkcję pomiaru czasu. Kiedy napięcie kondensatora  $U_c$  będzie większe od  $U_{ref}$  ( $U_c > U_{ref}$ ) wyjście komparatora zostanie wyzerowane, co powinno zatrzymać stoper. Czas zmierzony przez stoper jest proporcjonalny do mierzonego napięcia wejściowego  $U_{pom}$ , zależny od stałej czasowej RC i wartości napięcia referencyjnego.

W naszym układzie sterowaniem kluczem i pomiarem czasu zajmuje się mikrokontroler.

### Realizacja praktyczna

Schemat ideowy diodowego wskaźnika napięcia pokazano na **rysunku 3**. Napięcie mierzone (wejściowe) jest doprowadzone do kondensatora C6 z pośrednictwem połączonych rezystorów R8...R15. Suma ich rezystancji wynosi 9,5 M $\Omega$ . Pojemność kondensatora C6 i rezystancja zastępcza R8...R15 decydują o stałej czasowej ładowania. Ponadto, ta rezystancja zastępcza i rezystory R3, R4 tworzą dzielnik napięcia wejściowego w stosunku 1/20 i zapewniając wysoką rezystancję wejściową obwodu pomiarowego (10 M $\Omega$ ), wymaganą dla woltomierzy.

Klucz rozładowujący kondensator C6 zbudowano z użyciem tranzystora T1. Zastosowano tranzystor N-MOS, co zapewnia jego rozładowanie niemal do 0 V. Dioda Zenera D1, włączona równolegle z kondensatorem C6, chroni

**W ofercie AVT \***  
 AVT-5337 A+: 22 zł  
 AVT-5337 B+: 38 zł  
 AVT-5337 UK: 10 zł

**Podstawowe informacje:**

- Płytkę o wymiarach 50 cm×50 cm.
- Napięcie zasilania 7...15 V DC.
- Napięcie mierzone do 100 V DC.
- Rezystancja wejściowa 10 MΩ.
- Wskazania za pomocą 18 diod LED.
- Mikrokontroler AT89C2051.
- Pasuje do obudowy miniaturowego miernika elektromagnetycznego.

**Dodatkowe materiały na CD/FTP:**

ftp://ep.com.pl, user: 16163, pass: 61skq30

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

**Projekty pokrewne na CD/FTP:**

(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)

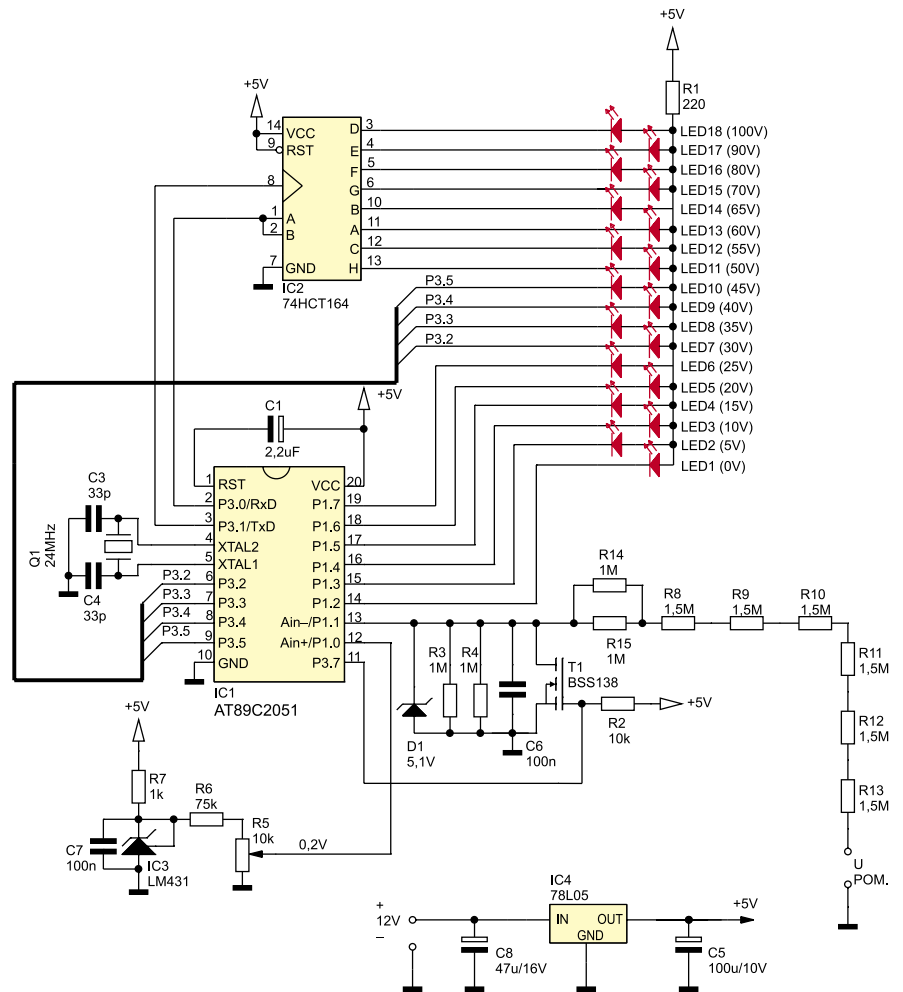
- AVT-5333 Multimetr panelowy (EP 3/2012)
- AVT-5300 VMOD - Uniwersalny miernik napięcia (EP 7/2011)
- AVT-5233 3-kanalowy woltomierz (EP 5/2010)
- AVT-5182 Wielokanałowy rejestrator napięć (EP 4/2009)
- AVT-2857 Moduł woltomierza/amperomierza (EdW 3/2008)
- AVT-449 Moduł pomiarowy (EP 6/2007)
- AVT-5097 „Mówiący” woltomierz (EP 1-2/2003)
- AVT-5086 Programowany 4-kanalowy komparator/woltomierz (EP 11/2002)
- AVT-2270 Moduł miliwoltomierza (EdW 3/1998)
- AVT-2126 Moduł woltomierza na LCD (EdW 3/1997)
- AVT-2004 Woltomierz do modułowego zestawu pomiarowego (EdW 1-1996)
- AVT-266 Woltomierz 4,5 cyfry (EP 9/1995)
- AVT-02 Woltomierz panelowy z wyświetlaczem LCD
- AVT-01 Woltomierz panelowy z wyświetlaczem LED

**\* Uwaga:**

Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:

- AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.
- AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.
- AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.
- AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymieniony w załączniku pdf
- AVT xxxx C to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wlotowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie posiada obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf
- AVT xxxx CD oprogramowanie (nie często spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć klikając w link umieszczony w opisie kitu)

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja posiada załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C) - <http://sklep.avt.pl>



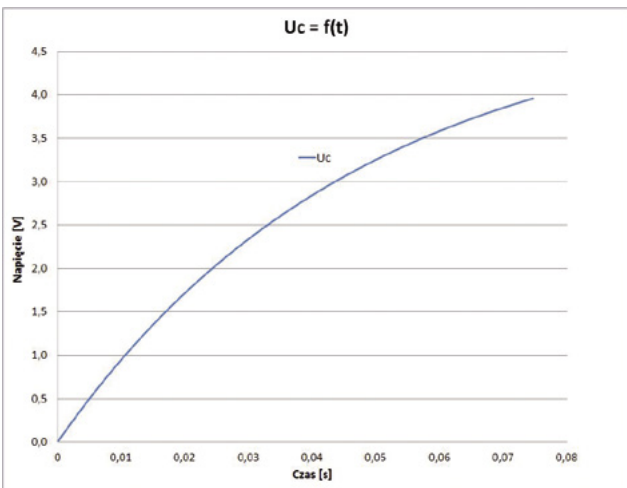
Rysunek 3. Schemat ideowy diodowego wskaźnika napięcia

układ przed dołączeniem zbyt wysokiego napięcia lub napięcia o błędnej polaryzacji. Układu IC3 jest źródłem napięcia referencyjnego, którego wartość reguluje się potencjometrem R5. Prawidłowa wartość napięcia odniesienia doprowadzana do mikrokontrolera z suwaka potencjometru, to 200 mV.

Komparator jest wbudowany w mikrokontroler. Jego wejście dodatnie do port P1.0, natomiast wejście ujemne do port P1.1. Do wejścia dodatniego komparatora dołączono źródło napięcia referencyjnego, a do wejścia ujemnego

układ rejestru z wejściem szeregowym i wyjściami równoległymi 74164. Dane są wpisywane do rejestru za pomocą dwóch linii (danych równoległe na swoich wyjściach, które bezpośrednio sterują diodami LED.

Na schemacie, obok numerów diod LED umieszczono wartości napięć, przy których te diody świecą się. Gdy napięcie mierzone jest mniejsze od 5 V, świeci się dioda LED0. Jeśli napięcie mierzone jest z zakresu 5 do 10 V, to zaświeca się dioda LED5 itd. Zakres pomiarowy wskaźnika można zmienić w łatwy sposób – omówię to w dalszej części artykułu. Pre-



Rysunek 2. Narastanie napięcia Uc na kondensatorze

REKLAMA

**WWW.STM32.EU**

Mikrokontrolery STM32 w sieci Ethernet w przykładach Marcin Peczkarski

**ETHERNET STM32**

Gotowe przykłady i aplikacje!

Jak sobie z poradzić z Ethernetem? Pomoże Ci książka Wydawnictwa BTC! Sprawdź pod adresem [www.stm32.eu](http://www.stm32.eu)



**Wykaz elementów**

**Rezystory:** (SMD 1206)

- R1: 220 Ω
- R2: 10 kΩ
- R3, R4, R14, R15: 1 MΩ
- R5: 10 kΩ helitrim pionowy
- R6: 75 kΩ
- R7: 1 kΩ
- R8...13: 1,5 MΩ

**Kondensatory:**

- C1 2,2 μF/10 V
- C2, C6, C7: 100 nF (SMD 1206)
- C3, C4: 33 pF (SMD 1206)
- C5: 100 μF/10 V
- C8: 47 μF/16 V

**Półprzewodniki:**

- IC1: AT89C2051D (SOL-20)
- IC2: 74HCT164D (SO-16)
- IC3: LM431D (SO-8)
- IC4: LM78L05 (TO-92)
- T1: BSS138 (SOT-23)
- D1: dioda Zenera małej mocy 5,1 V (SMD minimelf)
- LED1...LED18: diody LED SMD (obudowy zbliżone do 1206)
- Inne:
- Q1: kwarc 24 MHz (H49S)
- TB5003S (terminator 3-zaciskowy)

zentowany wskaźnik ma zakres pomiarowy od 0 do 100 V DC. Przy napięciu wejściowym powyżej 105 V dioda na końcu skali zaczyna migotać, co informuje użytkownika o przekroczeniu zakresu pomiarowego. W materiałach dodatkowych jest dostępny również program dla układu pracującego w zakresie od 7 V do 15,5 V z rozdzielczością 0,5 V. Wskaźnik z tym oprogramowaniem może służyć np. do pomiaru napięcia akumulatora w samochodzie osobowym lub motocyklu.

Po otwarciu klucza (zatkanie tranzystora T1) i dołączeniu napięcia mierzonego napięcie na kondensatorze C6 rośnie zgodnie ze wzorem:

$$U_c = \frac{1}{20} \times U_{pom} \left(1 - e^{-\frac{t}{R \times C_6}}\right)$$

gdzie:

$$R = \frac{R_a \times R_b}{R_a + R_b}$$

$$R_a = R_8 + R_9 + R_{10} + R_{11} + R_{12} + R_{13} + \frac{R_{14} \times R_{15}}{R_{14} + R_{15}}$$

$$R_b = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4}$$

Przed pomiarem mikrokontroler wyłącza przerwanie od timera, zeruje komórki pamięci używane do jako licznik przerwań od timera. Następnie otwiera klucz (zatyka tranzystor T1) i uruchamia timer. W przerwaniu od timera inkrementuje (zwiększa o 1) dwubajtowy licznik przerwań. Gdy napięcie  $U_c = U_{ref}$ , mikrokon-

**Listing 1. Stałe odpowiadające za zakres pomiarowy**

```

;stałe programowe
;*****
;wartości czasu dla kolejnych diod
;LED
LED1_HI EQU 09H
LED1_LO EQU 06DH
LED2_HI EQU 08H
LED2_LO EQU 092H
    
```

troler zatrzymuje timer, a zawartość licznika 16 bitowego jest proporcjonalna do napięcia mierzonego. W tej aplikacji timer został tak ustawiony, że po jego uruchomieniu przerwanie od timera występuje co 15 μs (30 cykli), co w zupełności wystarcza, aby osiągnąć zamierzoną rozdzielczość pomiaru. Czas, po którym napięcie  $U_c$  osiągnie wartość napięcia referencyjnego określa wzór:

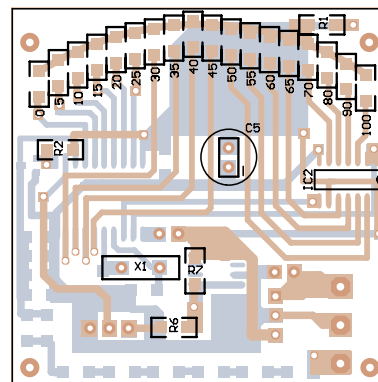
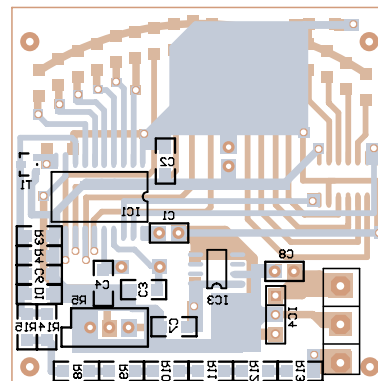
$$t = -T \times \ln\left(1 - \frac{20 \times U_{ref}}{U_{pom}}\right)$$

Na jego podstawie łatwo można obliczyć czas, po którym napięcie na kondensatorze osiągnie poziom odpowiadający kolejnym diodom LED. Obliczony czas wystarczy podzielić przez 15 μs (okres przerwania od timera) i otrzymujemy liczbę próbek, która będzie zliczona przez licznik podczas pomiaru napięcia. Arkusz kalkulacyjny w formacie MS Excel znajduje się w materiałach dodatkowych (uc1.xls). W pierwszej kolumnie wprowadzamy wartości napięć odpowiadające świeceniu kolejnych diod LED. W drugiej kolumnie otrzymujemy czas, po którym  $U_c = U_{ref}$ , a w trzeciej liczbę próbek zliczonych w tym czasie. Wartość ta jest podawana w kodzie szesnastkowym. Otrzymane wartości wystarczy umieścić w odpowiednim miejscu programu, w deklaracji stałych programowych, jak na **listingu 1**.

**LED1\_HI** to stała zawierająca starszy bajt liczby odpowiadającej liczbie próbek zliczonych podczas pomiaru napięcia powodującego zaświecenie pierwszej diody LED. **LED1\_LO** to młodszy bajt tej liczby (liczba z 3 kolumny arkusza). Analogicznie należy wpisać inne wartości. Jeśli po podstawieniu danych napięcia do pierwszej kolumny arkusza kalkulacyjnego w trzeciej kolumnie pojawią się wartości większe od FFFFH (65536), to należy zmodyfikować wartość stałej czasowej T poprzez zmianę np. wartości C6.

**Montaż i uruchomienie**

Schemat montażowy wskaźnika pokazano na **rysunku 3**. Układ zmontowano na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 50 mm×50 mm z elementów do montażu SMD i przewlekanych. Montaż należy rozpocząć od wlutowania mikrokontrolera. **Uwaga! Mikrokontroler AT89C2051 należy zaprogramować przed zamontowaniem!** Jeśli zostanie zastosowany AT89S4051, to można go zaprogramować po wlutowaniu w płytkę. Ale wówczas program wymaga modyfikacji, gdyż istnieje różnica w odczycie stanu komparatora między układem AT89C2051, a układem AT89S4051. W pierwszym z nich komparator ma wyjście na porcie P3.6, który nie jest dostępny na zewnątrz układu i jego stan sprawdza się programowo. Jeśli ktoś chciałby zastosować układ AT89S4051, to tutaj zmiana na wyjściu komparatora powoduje ustawienie przerwania i wymaga to uwzględnienia w programie. W przerwaniu od komparatora należy wyłączać przerwania od timera.



**Rysunek 4. Schemat montażowy diodowego wskaźnika napięcia**

Po zamontowaniu mikrokontrolera należy wlutować pozostałe elementy SMD, elementy przewlekane. Przed uruchomieniem układu należy dokładnie sprawdzić poprawność montażu, szczególnie czy nie ma zwarców pomiędzy wyprowadzeniami mikrokontrolera.

Urządzenie ma 3 wyprowadzenia na kostce zaciskowej. Dodatni biegun zasilania, masę wspólną dla zasilania i napięcia mierzonego oraz wejście napięcia mierzonego. Po włączeniu napięcia zasilania urządzenia zaświecą się diody LED od LED1 do LED18, a następnie od LED18 do LED1 itd. „Prezentacja” trwa około 8 sekund. Następnie zaświeca się dioda LED1. Podczas funkcji demo można sprawdzić, czy wszystkie diody LED kolejno się zaświeciły, co jest potwierdzeniem prawidłowego montażu. Następnie należy ustawić wartość napięcia referencyjnego. Kręcąc potencjometrem R5 i mierząc multimetrem napięcie na wyprowadzeniu P1.0 mikrokontrolera ustalamy  $U_{ref} = 200$  mV. Następnie należy dołączyć napięcie mierzone o wartości odpowiadającej świeceniu diody LED2 (w tym wypadku 5 V). Korygując potencjometrem R5 doprowadzamy do zaświecenia się diody LED2. Należy sprawdzić czy dioda LED2 zaświeca się przy przekroczeniu napięcia odpowiadającego jej progowi (5 V).

W modelu zastosowano tylko czerwone diody LED, ale do budowy wskaźnika można użyć różnokolorowych diod LED uatrakcyjniając jego wygląd.

**Grzegorz Mazur**  
gzmazur@poczta.onet.pl

Na CD: karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym