

# ELEKTRONIK ELEKTOR

MIESIĘCZNIK DLA ELEKTRONIKÓW

co miesiąc w  
Elektronice Praktycznej

## Pojemnościowy czujnik poziomu cieczy

### Oryginalne zastosowanie ST62T20

*Pomiar poziomu cieczy jest problemem, który zawsze wywołuje gorące debaty. Czy istnieje jakaś technika umożliwiająca nie tylko sygnalizację alarmu „zbiornik pusty”, ale również ciągłych wskazań zawartości zbiornika?*

*Opisany tu układ działa w dwu trybach: pracy autonomicznej lub zdalnie sterowanej (korzystając z łączności RS232). Gdy zbudujesz ten układ, poziom paliwa w zbiorniku centralnego ogrzewania lub wody w zbiorniku podlewania ogrodu nie będzie już dłużej utajniony.*

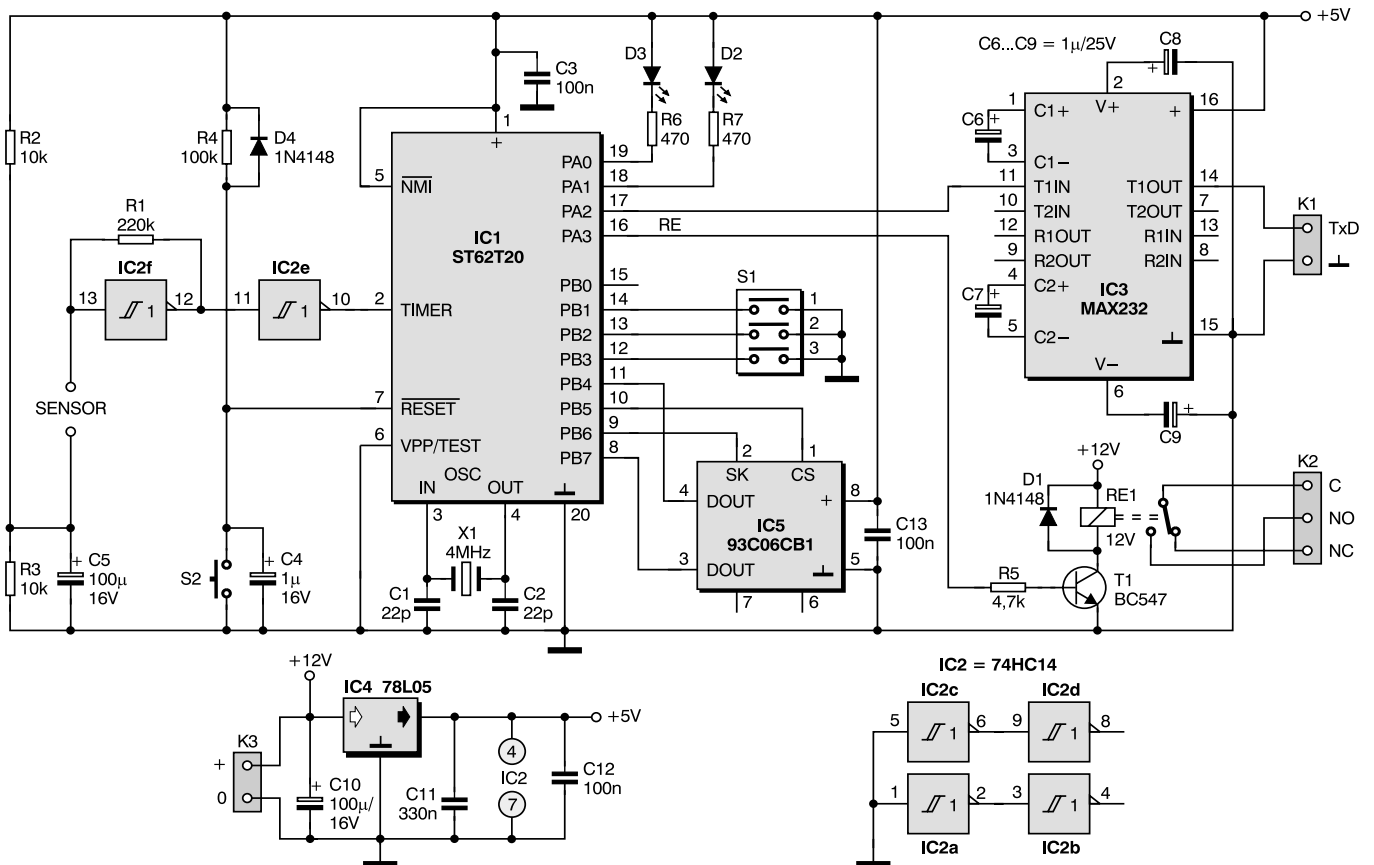
Obserwując rosnącą liczbę układów opartych na mikrokontrolerze, ktoś mógłby zapytać, jak było możliwe, jeszcze kilka lat temu, projektowanie elektroniki bez tego elementu. Mikrokontroler zmienił oblicze elektroniki w urządzeniach domowych. Powinniśmy jednak zauważyć, że pojawienie się tego elementu spowodowało również znaczne pogorszenie zrozumiałości układów opartych na mikrokontrolerach. Zastosowanie mikrokontrolerów ma szereg bezdyskusyjnych zalet, włącznie z wielkim uproszczeniem układów elektrycznych i obniżeniem kosztów w wyniku zmniejszenia liczby elementów i rozmiarów płytek.

#### Opis układu

Rzut oka na schemat elektryczny z **rys. 1** pozwoli Ci zauważyć, że elektronika ogranicza się do

kilku tylko elementów. Mikrokontroler IC1 typu ST62T10 firmy STMicroelectronics jest sercem układu. Jednym z zewnętrznych elementów, bez których kontroler nie może działać, jest pamięć EEPROM - IC5. Trzecim, podstawowym podzespołem jest wszechubylski MAX232, odpowiedzialny za kompatybilność układu ze standardem RS232.

Przyczyna wyboru kontrolera ST6 do tego zastosowania jest prozaiczna. Wersja 62T20 jest osiągalna i dla niej są dostępne rozmaite systemy rozwojowe na poziomie podstawowym, na przykład ST6 Starter Kit lub ST6 Programmer (opisywane także w EP). Ten ostatni umożliwia przygotowywanie własnych programów, jak również programowanie pamięci EPROM kontrolerów ST6.



Rysunek 1. Czujnik poziomu cieczy składa się tylko z garści elementów; większość pracy wykonuje zaprogramowany wstępnie mikrokontroler ST62T20.

Wciśnięcie S2 zeruje układ ST62T20. Następnie obwód R4, C4 na moment podciąga wejście zerujące CPU do logicznego poziomu niskiego i w ten sposób powoduje ponowną inicjalizację mikrokontrolera.

Linie PB4 do PB7 portu B łączą procesor z pamięcią EEPROM (elektrycznie kasowalną pamięcią tylko do odczytu) typu 93C06B1. Pamięć EEPROM, z kanałem komunikacji szeregowej, ma pojemność 256 bitów zorganizowanych w 16 słów po 16 bitów (w trybie domyślnym) lub 32 słowa po 8 bitów. Wewnętrzny oscylator wykorzystuje kwarc 4MHz i typową parę kondensatorów C1, C2. Kwarc jest włączony pomiędzy wyprowadzenia OSCIN i OSCOUT mikrokontrolera. Potrójny blok przełączników miniaturowych DIP, S1, jest stosowany podczas kalibracji układu. Będzie omówiony w dalszej części.

Element po prawej stronie schematu to układ MAX232. Praktycznie nie ma sposobu wyeliminowania go, ponieważ zapewnia wszystko, czego potrzebujesz do

zamiany poziomów TTL (jakich dostarcza mikrokontroler) na poziomy RS232 (jaki wykorzystuje port komputera PC o tej samej nazwie) i odwrotnie. Tutaj MAX232 wysyła dane dostarczone przez procesor do interfejsu szeregowego PC, który wykorzystuje je do dalszego przetwarzania.

W prawym dolnym rogu schematu możemy zobaczyć obwody niezbędne do autonomicznej pracy wskaźnika poziomu: mówimy o przełączniku uruchamianym bezpośrednio przez linię PA3 portu A (wyprowadzenie 16). Istotnie, linia portu steruje przełącznikiem poprzez tranzystor przełączający T1. Styki przełącznika są połączone z końcówkami płytki drukowanej K2. Zależnie od sposobu działania sterowanego układu zewnętrznego: pompy, zaworu lub wyłącznika, przełącznik powinien być typu normalnie otwarty (NO) lub normalnie zwarty (NC).

Zasilanie jest całkowicie konwencjonalne, oparte na trójwyprowadzeniowym stabilizatorze napięcia typu 78L05 (IC4).

### Zasada działania

Bramka z przerzutnikiem Schmitta IC2f działa jako oscylator RC, w którym elementem rezystywnym jest R1. „Kondensatorem“, jakiego mógłbyś się spodziewać w oscylatorze, jest kondensator utworzony przez dwie sondy zanurzone w cieczy. Jego pojemność jest funkcją poziomu cieczy, podobnie jak częstotliwość sygnału generowanego przez oscylator Schmitta. Częstotliwość ta jest mierzona przez mikroprocesor i przeliczana na odpowiedni poziom cieczy w zbiorniku. Zasada ta odnosi się do różnych cieczy. Autor sprawdził ją dla wody i lekkiego oleju opałowego. Jak przedstawiono w **tab. 1**, zmiany częstotliwości wynikające z głębokości zanurzenia sond zależą od rodzaju cieczy w zbiorniku.

Przyjrzyjmy się bardziej obliczaniu poziomu cieczy. Sygnał oscylatora jest doprowadzony do wejścia TIMER mikrokontrolera mierzącego czas trwania 32768 okresów sygnału. W ten sposób otrzymujemy 16-bitową liczbę proporcjonalną do poziomu cieczy.

Tab. 1.

Ciecz	poziom minimalny (0mm)	poziom maksymalny (250mm)	rozdzielczość
Woda	280kHz	70kHz	0,07mm
Olej	280kHz	230kHz	1mm

Następnie mikrokontroler ST6 wykonuje następujące obliczenie:

$$Poziom [mm] = 250(x - N_{low}) / (N_{high} - N_{low})$$

gdzie  $x$  jest wartością zmierzoną,  $N_{low}$  dolnym poziomem („low“) kalibracji, zapisanym w pamięci EEPROM, a  $(N_{high} - N_{low})$  różnicą częstotliwości przechowywaną w pamięci EEPROM i odpowiadającą różnicy poziomów cieczy 250mm. Możliwa jest także inna, dowolna wartość, o ile zmodyfikuje się odpowiedni parametr w kodzie źródłowym przed asemblacją programu mikrokontrolera. Jak już wspomniano, układ może być stosowany w jednym z dwu trybów pracy:

- Autonomicznej: system działa niezależnie, przekaźnik jest uruchamiany po osiągnięciu zaprogramowanego poziomu (na przykład, aby włączyć pompę).
- Zdalnej (RS232): zmierzony poziom jest okresowo przesyłany przez łącze szeregowe (pracujące z szybkością 9600 bodów). Informacja jest przetwarzana przez inny system (mikrokontroler lub system alarmowy). Poziom cieczy jest wyrażony bezpośrednio w milimetrach.

Składnia komunikatów ASCII jest następująca:

=00xxx<CR><LF>

gdzie xxx jest zmierzonym poziomem cieczy w milimetrach.

## Montaż

Modelowy układ zmontowano na jednostronnej płytce drukowanej. Chociaż wlutowanie wszystkich elementów jest prostą pracą, należy zwracać uwagę na orientację elementów o wyróżnionej polaryzacji, jak układy scalone (włącznie ze stabilizatorem napięcia), kondensatory elektrolityczne, diody LED i prostownicze oraz tranzystory.

Mikrokontroler powinien, oczywiście, zawierać odpowiedni program. Na szczęście możesz zamówić już zaprogramowany za pośrednictwem naszego działu handlowego (numer katalogowy 976515-1).

Układy scalone są montowane w podstawkach. Na płytce jest tylko jedna zwora. Ponieważ diody LED są wykorzystywane tylko w procedurze kalibracji, mogą być umieszczone blisko powierzchni płytki. Zwróć uwagę, by właściwie zorientować przełącznik DIP S1. Styk oznaczony „1“ powinien być blisko rezystorów R7 i R6. W pozycji „on“ dźwigienny przełącznika powinny być skierowane w stronę układu ST6.

Umieszczenie mierzącej tylko 80 x 62mm płytki układu w samodzielnie dobranej plastikowej (ABS) obudowie nie powinno być zbyt trudne. Dwie zanurzone sondy można wykonać z pokrytych plastikiem prętów o średnicy 4mm. Ich długość zależy oczywiście od głębokości zbiornika. Sondy powinny być zamocowane tak, by odległość pomiędzy ich środkami wynosiła około 10mm. Pręty powinny przechodzić przez cztery otwory w obudowie (dwa dodatkowe otwory w tylnej ścianie do ustalenia położenia). Wewnątrz obudowy plastikowe pokrycie prętów jest miejscowo usunięte do {elektrycznego} połączenia z dwoma wejściami oscylatora, oznaczonymi SENSOR. Cztery otwory są uszczelnione dwuskładnikowym klejem lub masą uszczelniającą (dla zapewnienia wodoszczelności obudowy). Obudowa musi być również umieszczona tak, by uniknąć jej kontaktu z cieczą w zbiorniku.

Zasilanie jest bardzo proste. Napięcie zasilające pochodzi z zasilacza sieciowego 12V/40mA. Napięcie to nie wymaga stabilizacji, ponieważ zasila tylko cewkę przekaźnika. Cała reszta elektroniki pobiera swój prąd zasilania z trójkońcówkowego stabilizatora napięcia na płytce. Pamięć EEPROM 93C06 (lub 93C46) pracuje w trybie 16-bitowym (wejście ORG, wyprowadzenie 6, nie podłączone), co umożliwia wykorzystanie układów starszej generacji.

## Kalibrowanie

Gdy wszystkie elementy znajdują się na swoich miejscach, będziesz gotowy do przeprowadzenia kalibracji układu. Procedura ta składa się z dwu faz:

1. *Kalibracja poziomu dolnego („low“), sondy nie zanurzone.*

Przełączniki S1 powinny być ustawione następująco: SW1-1 „on“, SW1-2 „off“, SW1-3 „off“. Po włączeniu napięcia zasilania lub po wyzerowaniu, po okresie ustalania około 2 sekund, system rozpoczyna pomiar częstotliwości. Wartość odpowiadająca  $N_{low}$  jest zapisywana do pamięci EEPROM. Koniec procesu sygnalizuje świecenie jednej z dwu diod LED (zielonej D3 jako „OK“ lub czerwonej D2 jako błąd - „error“).

2. *Kalibracja poziomu górnego („high“), sondy zanurzone w cieczy na głębokość 250mm.*

Ustaw przełączniki S1 następująco: SW1-1 „on“, SW1-2 „off“, SW1-3 „on“. Po ponownym włączeniu napięcia zasilania

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

- R1: 220kΩ
- R2, R3: 10kΩ
- R4: 100kΩ
- R5: 4,7kΩ
- R6, R7: 470Ω

### Kondensatory

- C1, C2: 22pF
- C3, C12, C13: 100nF
- C4: 1μF/16V, stojący
- C5, C10: 100μF/16V, stojące
- C6..C9: 1μF/25V, stojące
- C11: 330nF

### Półprzewodniki

- D1, D4: 1N4148
- D2: dioda LED, niskoprądowa, czerwona
- D3: dioda LED, niskoprądowa, zielona
- T1: BC547
- IC1: ST62T20 (nr katalogowy 976515-1)
- IC2: 74HC14
- IC3: MAX232
- IC4: 78L05
- IC5: 93C06CB1

### Różne

- K1, K3: 2-stykowe bloki końcówek do druku, rozstaw 5mm
- K2: 3-stykowy blok końcówek do druku, rozstaw 5mm
- S2: wyłącznik przyciskowy, Multimec CTL3
- S1: 3-stykowy przełącznik DIP
- X1: kwarc 4MHz
- Re1: przekaźnik 12V, do druku (np. Siemens V23057-B0002-A201)
- Opcjonalnie: dyskietka z kodem źródłowym mikrokontrolera, nr katalogowy 976015-1

nia lub po wyzerowaniu i okresie stabilizacji około 2 sekund, system rozpoczyna pomiar częstotliwości. Wartość odpowiadająca  $N_{high}$ , jak również wynik  $N_{high} - N_{low}$  są zapisywane do pamięci EEPROM. Koniec procesu sygnalizuje świecenie jednej z dwu diod LED (zielonej D3 jako „OK“ lub czerwonej D2 jako błąd - „error“).

### **Programowanie poziomów, przy których uruchamia się przekaźnik**

Procedura przypomina kalibrację, tylko przełącznik SW1-3 jest ustawiony w pozycji „on“. Przekaźnik jest pobudzany, gdy ciecz osiągnie górny poziom „high“

i wyłącza się, gdy ciecz opadnie poniżej dolnego poziomu „low“ (histereza).

Pamiętaj, że do normalnej pracy wskaźnika poziomu cieczy przełącznik S1 należy przestawić w pozycję „off“.

### **Opcja**

Układ może być wykorzystywany z łączem albo bez łącza szeregowego RS232. Jeśli system komputerowy (lub mikrokontroler), którego chcesz użyć do przetwarzania danych o poziomie cieczy akceptuje poziomy TTL, układ MAX232 można pominąć. Ponieważ w opisywanym zastosowaniu linia RxD nie jest wykorzystywana, nie została

wprowadzona do łącza szeregowego. Jeśli planujesz rozszerzenie programu o dodatkowe funkcje, możesz połączyć wyprowadzenie 15 (PB0) mikrokontrolera z wyprowadzeniem R1OUT. Umożliwi to przejście sygnału RxD do wyprowadzenia R1IN. Warto również zastąpić K1 3-stykowym złączem, którego styki zostaną połączone z przewodami dla wprowadzenia wspomnianych wyżej funkcji.

**Ostrzeżenie:** *Układ nie jest zaprojektowany ani dopuszczony {zalecany} do stosowania w zbiornikach zawierających wysoce łatwopalne, wybuchowe, agresywne lub korozyjne ciecze.*  
**EE**