

Elektroniczna stacja meteorologiczna, część 2

Drugą część artykułu poświęcimy omówieniu budowy czujników służących do śledzenia parametrów środowiska. Należą do nich: czujnik szybkości wiatru, ciśnienia atmosferycznego, wilgotności, temperatury natężenia oświetlenia i poziomu opadów. Uzupełnieniem tej części artykułu będą opisy głównego układu zegarowego i multipleksera analogowego.

Schemat elektryczny detektora szybkości wiatru jest pokazany na rys. 4. Do obrotowego koła łopatkowego umocowano magnes, przesuwany się w pobliżu czujnika Halla TX5, umocowanego do pokrywy obudowy urządzenia. Gdy magnes przesuwa się w pobliżu czujnika na rezystorze R38 pojawia się impuls napięciowy. Sygnał ten przez obwód C19-R39-R40 zostaje doprowadzony do IC22, układu tachometru-przetwornika częstotliwości na napięcie. Na jego wyjściu (końcówki 4 i 7) otrzymuje się napięcie proporcjonalne do częstotliwości impulsów doprowadzonych

do wejścia 1. Oporność rezystora R41 oraz pojemność kondensatorów C20 i C21 wyznaczają zakres konwersji częstotliwości na napięcie.

Istnieją dwie odmiany czujnika Halla TX5, Lohet I i Lohet II. Ten drugi wymaga użycia rezystora R37, ograniczającego napięcie zasilające czujnik do wartości 7V do 8V. Tańszy Lohet I może być zasilany napięciem do 16V, a i rezystor R37 można zastąpić zwórką z drutu. Lohet I jest jednak mniej czuły niż Lohet II, który do wytworzenia impulsów o amplitudzie dostatecznej dla pewnego wyzwania IC22 wymaga silniejszego pola magnetycznego.

W prototypie użyto magnesu sztabkowego z wyłącznika alarmu antywłamaniowego. Można użyć także innych magnesów sztabkowych lub dyskowych, łącząc je jeśli potrzeba ze sobą po kilka, dla zwiększenia natężenia pola magnetycznego. Odległość magnesu od czujnika również wpływa na wykrywane natężenie pola.

Schemat czujnika ciśnienia atmosferycznego jest pokazany na rys. 5.

Dwa różnicowe wyjścia czujnika TX3 (końcówki 2 i 4) łączą się ze wzmacniaczami operacyjnymi IC13a i IC13b. Wzmocnienie napięcia stałego tego stopnia, pomiędzy którymi, wyznaczone przez rezystory R19 i R20, wynosi około 100 V/V.

Sumaryczny sygnał z wyjścia (końcówka 1) IC13b zostaje zbuforowany i odwrócony przez wzmacniacz operacyjny IC13c. W układzie tym na sygnał wyjściowy zostaje nałożone dodatkowe napięcie, dobierane potencjometrem montażowym VR4. Służy ono do „dostrojenia” napięcia wyjściowego barometru do wymaganego poziomu. Sygnał z wyjścia 14 IC13c zmienia się przeciętnie o około 3mV na milibar.

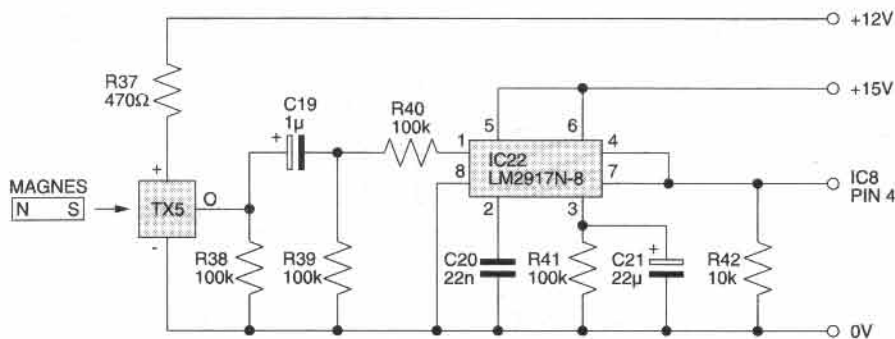
W celu zminimalizowania wpływu temperatury otoczenia na napięcie wyjściowe czujnika, oporność połączona w szereg z jego dodatnim wyprowadzeniem (końcówka 3) musi zostać w przybliżeniu dopasowana do oporności czujnika. Do tego celu służy potencjometr montażowy VR3. Sposób dobierania oporności zostanie przedyskutowany wraz z opisem montażu płytki drukowanej.

Istnieją dwie wersje czujnika ciśnienia MPX100A (TX3) jedna w plastikowej obudowie, a druga bez. Działają one identycznie i obie mogą zostać wykorzystane.

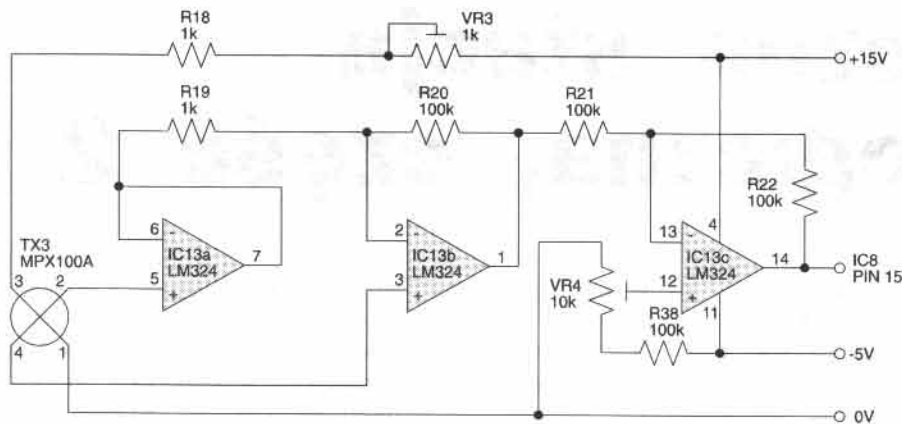
Schemat czujnika wilgotności jest przedstawiony na rys. 6. Czujnikiem jest przetwornik TX4, którego oporność zmiennoprądowa maleje ze wzrostem wilgotności. Nominalne napięcie pracy czujnika wynosi 1V przy częstotliwości od 50Hz do 1kHz. Jego nominalna oporność wynosi 60k Ω przy wilgotności 50% i temperaturze 25°C.

Na rys. 7 są przedstawione charakterystyki czujnika. Poprawki uwzględniające je mogą zostać wprowadzone do programu sterującego.

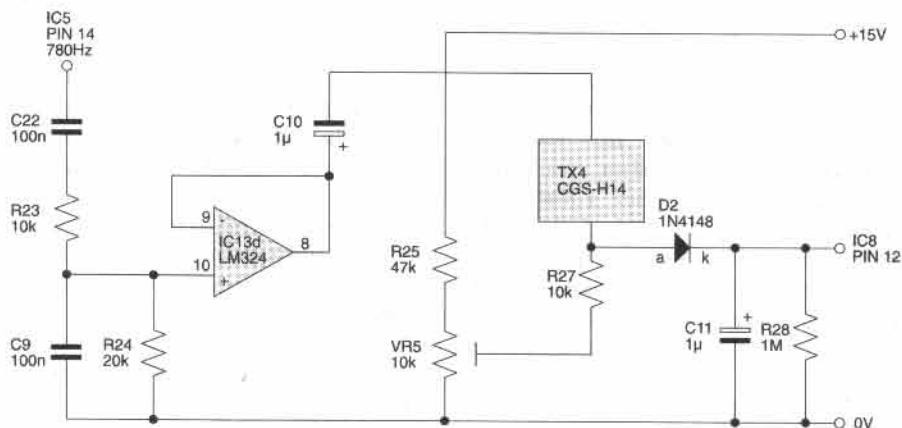
Przyjęta częstotliwość działania czujnika wynosi 780Hz i jest ona wynikiem podzielona głównej częstotliwości zegarowej 400kHz. Wracając do rys. 6, sygnał o częstotliwości 780Hz jest doprowadzony przez kondensator C22 do



Rys. 4. Schemat układu detektora szybkości wiatru z magneseM i czujnikiem z efektem Halla.



Rys. 5. Schemat układu czujnika ciśnienia atmosferycznego.



Rys. 6. Schemat układu czujnika wilgotności.

wjęcia 10 wzmacniacza buforującego (IC13d).

Kondensator C9 oraz rezystory R23 i R24 „wygładzają rogi” dopływającego sygnału fali prostokątnej, który następnie zostaje doprowadzony z wyjścia 8 IC13d przez kondensator C10, do czujnika TX4. Po stłumieniu wynikającym z wewnętrznej impedancji czujnika TX4, sygnał jest prostowany przez diodę D2 i wygładzany przez obwód C11-R28. Potencjometr montażowy VR5 z rezystorem R27 służy do dobrania poziomu napięcia wyjściowego.

Schemat układu czujników temperatury i oświetlenia jest pokazany na rys. 8. Jako przetwornika temperatury, oznaczonego IC14, można użyć albo układu LM35CZ albo LM35DZ. Zakres działania pierwszego rozciąga się od - 40°C do + 110°C, a drugiego od 0°C do + 100°C. Dodatkowy rezystor R34 wprowadza ujemne napięcie przesuwające i umożliwia użycie tego czujnika do pomiaru ujemnych temperatur. Przeciętna czułość czujnika wyno-

si około 100mV/°C.

Jako czujnika oświetlenia użyto popularnego fotorzystora ORP12. Jego oporność w całkowitej ciemności wynosi około 10MΩ. Oporność ta maleje ze wzrostem oświetlenia i spada do około 150Ω przy oświetleniu 1000 luksów. Można przyjąć, że oświetlenie jasnym światłem słonecznym wynosi około 30 000 luksów, a księżycowym około 0,1 luksa. Czujnik jest włączony w szereg z rezystorem R35, tworząc z nim

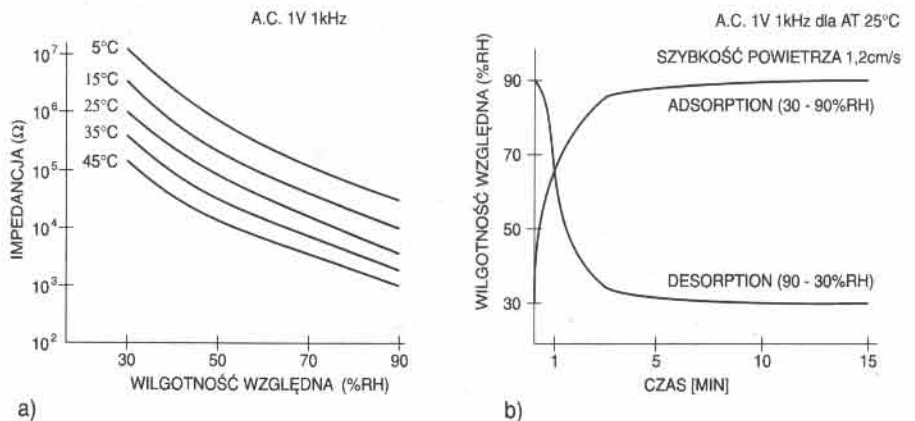
dzielnik napięcia zasilania, z którego pobierane jest napięcie wyjściowe. Przeznaczeniem tego czujnika jest umożliwienie monitorowania przez komputer oświetlenia słonecznego i stosownie do tego zadania została dobrana oporność rezystora R35.

Skonstruowany do doświadczeń z pomiarami szybkości wiatru przetwornik ultradźwiękowy został zarzucony, postanowiono więc zmodyfikować go do monitorowania opadów deszczu. Nadajnik i odbiornik ultradźwięków zostały umocowane do brzegów beczki lub wiadra zbierającego wodę deszczową i skierowane w dół w stronę powierzchni wody.

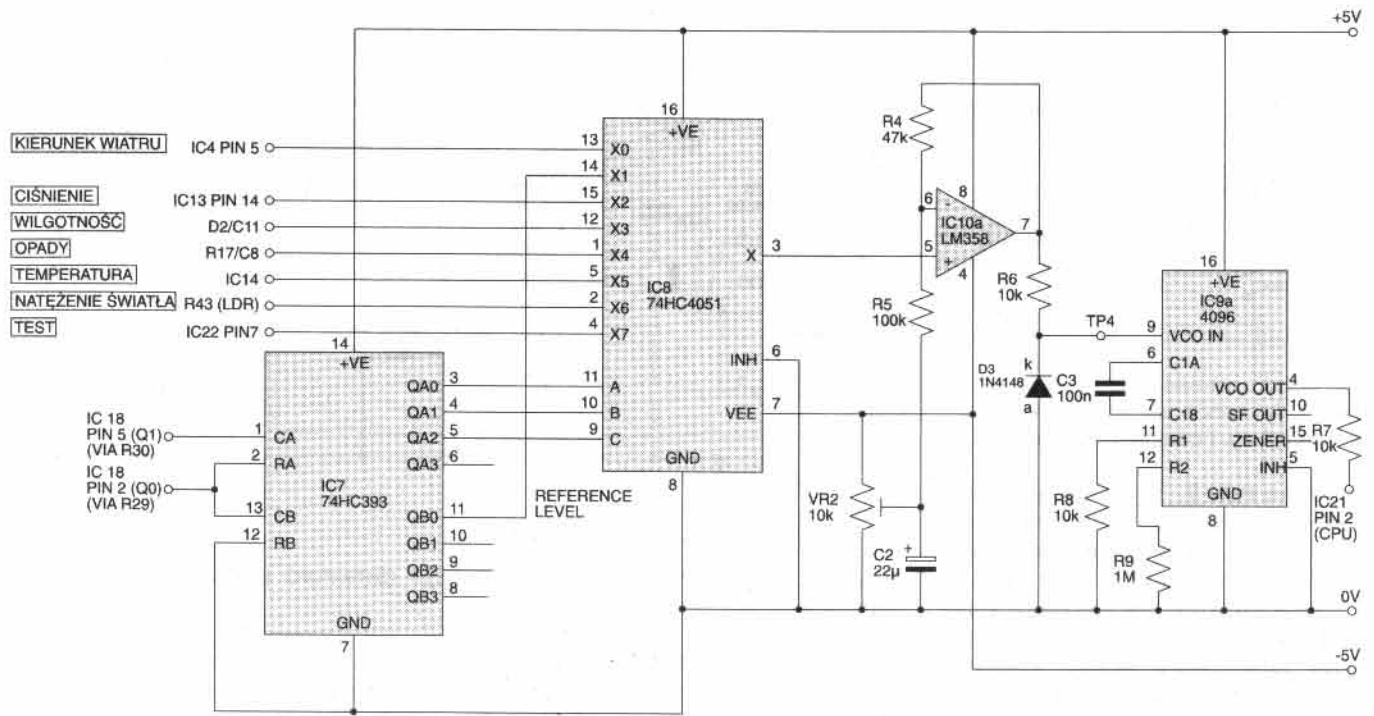
Nadajnik wysyła ciągły sygnał 40kHz, który po odbiciu od powierzchni wody wraca do odbiornika. Oba sygnały, nadawany i odbierany, są monitorowane, a ich fazy porównywane. Wykryte przesunięcie fazy jest bezpośrednio odnoszone do szybkości dźwięku i odległości, którą dźwięk musi pokonać do powierzchni wody i z powrotem do odbiornika.

Szybkość dźwięku w suchym powietrzu wynosi 331,4m/s w warunkach normalnych (w temperaturze 0°C i przy ciśnieniu 1013,25 milibarów). Długość fali sygnału 40kHz wynosi wówczas około 8,285mm. Sygnał przebywa tę samą drogę dwukrotnie, do powierzchni wody i z powrotem, zatem na jeden okres, czyli zmianę fazy o 360°, przypada $8,285/2 = 4,1425$ mm. Program komputerowy oblicza poprawki na temperaturę, ciśnienie i wilgotność powietrza.

Schemat ultradźwiękowego detektora poziomu wody jest poka-



Rys. 7. Charakterystyki czujnika w zakresie typowych temperatur i wilgotności.



Rys. 11. Schemat multiplexera sygnałów wyjściowych czujników oraz VCO (oscylatora sterowanego napięciem).

rezystor R7 i sprzęg, który będzie opisany w następnej części artykułu.

Obwód R6-D3 ma za zadanie ochronę IC9a przed ujemnymi napięciami IC10a.

Zasilacz

Wszystkie opisane układy są zasilane ze wspólnego zasilacza, którego schemat jest pokazany na rys. 12. Prototyp „METEO“ był zasilany napięciem 12V z komputera. Może być także zasilany z innego źródła 12V albo z akumulatora samochodowego.

Wejściowe napięcie 12V jest blokowane kondensatorem C12. Napięcie to służy także do zasilania LED D1 przez rezystor R1 (rys. 3) i czujnika TX5 (rys. 4) przez rezystor R37. Stabilizator

IC15 wraz z kondensatorami wygładzającymi C13 i C14 dostarcza stabilizowanego napięcia + 5V.

Większość obwodów czujników jest zasilana napięciem + 5V, ale niektóre wymagają jeszcze napięcia - 5V. Napięcia tego dostarcza układ przetwornicy IC16.

Dzielnik napięcia R33-VR6 dostarcza napięcia testującego, które jest potrzebne podczas regulacji i testowania układu oraz programu.

Montaż płytki czujników

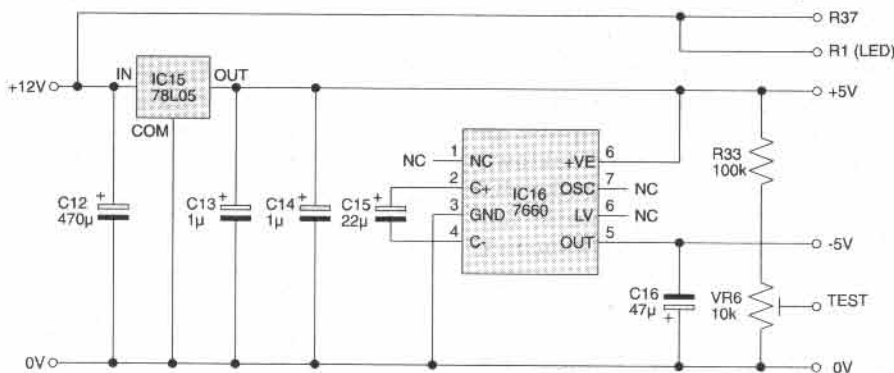
Mozaika ścieżek płytki drukowanej czujników „METEO“ wraz z małą płytką ultradźwiękowego czujnika deszczu i rozmieszczenie na nich elementów przedstawia rys. 13. Przed rozpoczęciem montażu należy odciąć sekcję przetworników ultradźwiękowych. Na-

stępnie trzeba wywiercić otwór do mocowania tulejki osi rotora wskaźnika kierunku wiatru. Trzeba także wywiercić dwa duże boczne otwory, przez które wsunie się słupki obudowy urządzenia.

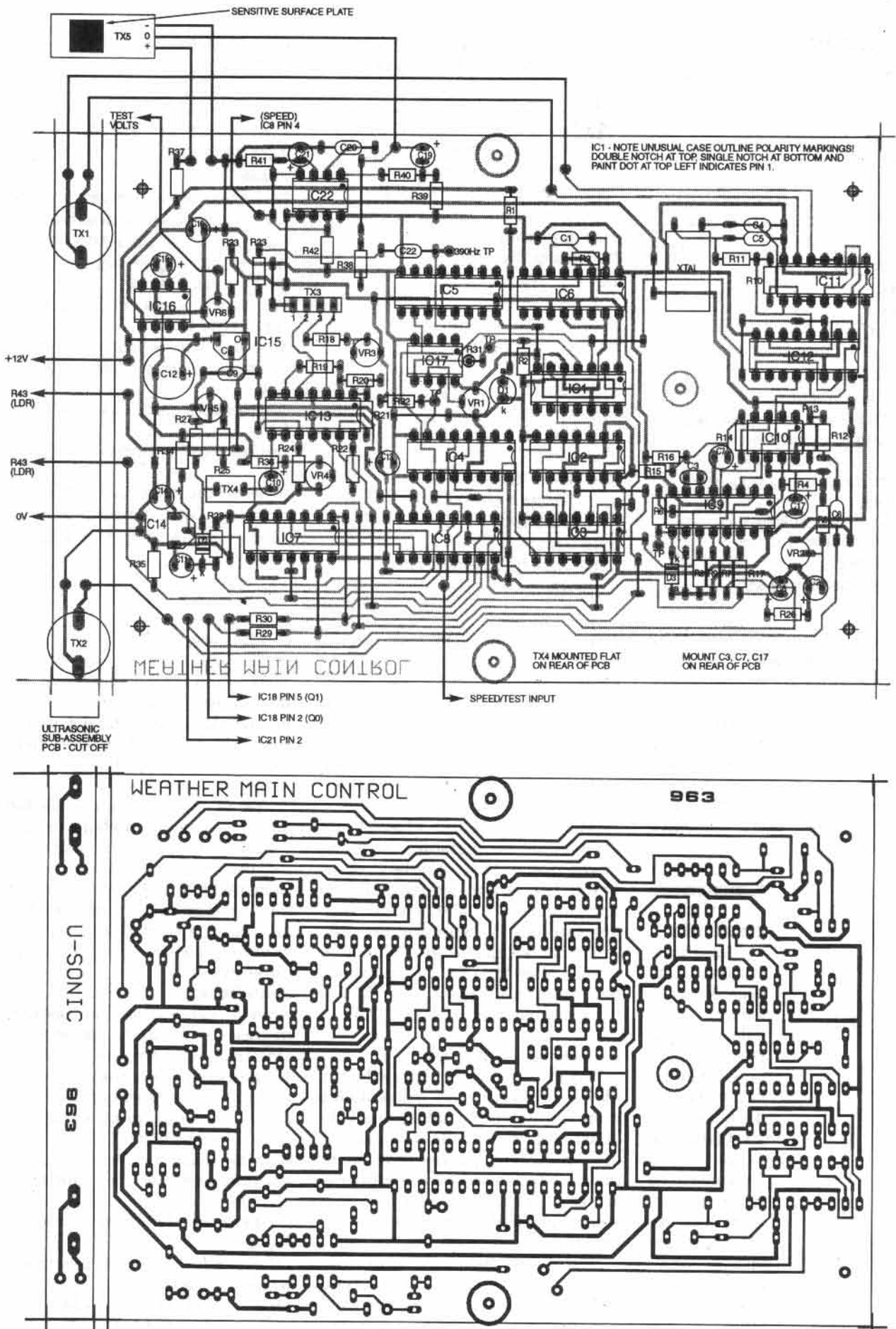
Lutowanie należy zacząć od zworek, które najlepiej wykonać z miedzianego ocynowanego drutu ϕ 0,5mm. Potem należy wlutować podstawki układów scalonych, następnie rezystory, diody, potencjometry montażowe, kondensatory i wreszcie układy scalone stabilizatorów. Trzeba pamiętać o właściwym wlutowaniu elementów spolaryzowanych.

Trzeba następnie wmontować dwa sztywne druty, wykonane z solidnych ocynowanych drutów miedzianych np. ϕ 1,25mm, każdy długości 50mm i tymczasowo przylutować do nich LED. Ich ostateczna pozycja zostanie ustalona po zmontowaniu części mechanicznych czujnika szybkości wiatru.

Do małej płytki należy przylutować przetworniki ultradźwiękowe i połączyć ją prowizorycznie z główną płytką kilkumetrowym kablem. Również czujnik światła (LDR R43), trzeba połączyć z właściwymi wyprowadzeniami na płycie drukowanej. W prototypie R43 został umocowany na dwóch odcinkach ocy-



Rys. 12. Schemat układu zasilacza dwunapięciowego.



Rys. 13. Widok płytki drukowanej czujnika i rozmieszczenie elementów.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 470Ω
 R2: 330Ω
 R3, R6...R8, R12, R14, R23, R27, R29, R32, R39, R42: 10kΩ
 R4, R25: 47kΩ
 R5, R13, R15...R17, R20...R22, R31, R33, R34, R36, R38...R41: 100kΩ
 R9, R10, R28: 1MΩ
 R11, R18: 1kΩ
 R19: 2kΩ
 R24: 20kΩ
 R26: 4,7kΩ
 R35: 10Ω
 R37: 470Ω
 R43: ORP12, LDR
 VR1: 100kΩ min, zamknięty okrągły potencjometr montażowy
 VR2, VR4...VR6: 10kΩ min, zamknięty okrągły potencjometr montażowy
 VR3: 1kΩ min, zamknięty okrągły potencjometr montażowy

Kondensatory
 C1: 220pF, polistyrenowy

C2, C15, C21: 22μF/25V, stojący
 C3, C6, C9, C22, C23: 100nF poliestrowy
 C4, C5: 22pF, polistyrenowy
 C7, C8, C10, C11, C13, C14, C17, C19: 1μF/63V, stojący
 C12: 470μF/25V, stojący
 C16, C18: 47μF/25V, stojący
 C20: 22nF, poliestrowy

Półprzewodniki
 D1: czerwona LED,
 D2, D3: 1N4148,
 IC1: TSL214
 IC2: 74HC74
 IC3, IC11: 74HC00
 IC4: 4517
 IC5: 74HC4040
 IC6: 74HC4538
 IC7: 74HC393
 IC8: 74HC4051
 IC9: 4096 PLL
 IC10: LM358
 IC12: 74HC390
 IC13: LM324
 IC14: LM35CZ lub LM35DZ
 IC15: 78L05

IC16: ICM7660
 IC17: LM393
 IC18: 74HC174
 IC19: 74HC4075
 IC20: 74HC573
 IC22: LM2917-8

Różne

TX1: nadajnik ultradźwiękowy 40kHz
 TX2: odbiornik ultradźwiękowy 40kHz
 TX3: czujnik ciśnienia MPX100A
 TX4: czujnik wilgotności CGS-H14 (STC-Farnell 414719x)
 TX5: czujnik z efektem Halla Lohet I lub Lohet II
 X1: rezonator kwarcowy 4MHz
 dwurzędowe podstawki 8-stykowe 4 szt.
 dwurzędowe podstawki 14-stykowe 6 szt.
 dwurzędowe podstawki 16-stykowe 9 szt.
 dwurzędowa podstawka 20-stykowa
 słupki do płytki drukowanej 4 szt.
 wkręty z nakrętkami do słupków 4 szt.

nowanego drutu miedzianego ϕ 1,25mm i umieszczony ponad otworem wywierconym w dnie obudowy. Umożliwi to czujnikowi odbiór światła odbitego od powierzchni nad którą cały zespół zostanie zmontowany „METEO”. W celu zwiększenia ilości odbijanego światła pod otworem w obudowie „METEO” należy umieścić duży biały kawałek tworzywa.

Kompensacja czujnika ciśnienia

Przed zainstalowaniem czujnika ciśnienia TX3 należy zmierzyć jego oporność pomiędzy wyprowadzeniami 1 i 3 (zob. rys. 14) za pomocą omomierza na zakresie omowym. Następnie trzeba połączyć omomierz pomiędzy linię zasilania + 5V a w o l n y m

końcem rezystora R18 i tak ustawić suwak potencjometru VR3, aby mierzona oporność stała się równa uprzednio zmierzonej oporności TX3, pomnożonej przez 3,577. Współczynnik ten, minimalizujący zależność przetwornika od temperatury, został podany przez producenta przetwornika.

W zasadzie należałoby uwzględnić temperaturę, w której dokonywane były pomiary oporności. Nie jest to jednak konieczne, ponieważ współczynniki temperaturowe są wprowadzone do programu komputerowego. Po ustawieniu pozycji VR3 nie powinien być on więcej poruszany. Można teraz wmontować czujnik TX3.

Kontrola wstępna

Jeżeli w czasie sprawdzania układu wykryje się jakąkolwiek nieprawidłowość, należy natychmiast wyłączyć zasilanie i ponownie sprawdzić poprawność montażu i lutowania elementów. W czasie ich wstawiania i wyjmowania zasilanie musi być wyłączone.

Należy pamiętać, że większość układów scalonych jest typu CMOS i wszystkie muszą być traktowane z ostrożnością należną układom wrażliwym na ładunki

elektrostatyczne.

Po dokładnym sprawdzeniu płytki pod kątem widzenia niedokładnego lutowania i zwarć pomiędzy ścieżkami, trzeba włączyć zasilanie i sprawdzić czy świecą LED i czy na wyjściu stabilizatora IC15 jest napięcie + 5V.

Teraz po wyłączeniu zasilania można wstawić układy scalone i ponownie sprawdzić napięcia + 5V, oraz napięcie - 5V na wyjściu (końcówka 5) IC16. Można następnie przeprowadzić dalsze testy, ale lepiej wykonać je po uruchomieniu sprzęgu i programu komputerowego.

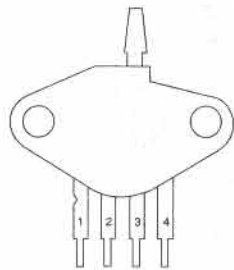
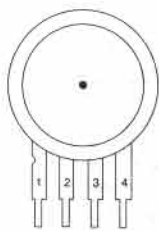
John Becker

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Everyday with Practical Electronics". W następnym odcinku omówiony zostanie układ sprzęgu (interfejsu) komputerowego oraz konstrukcja części mechanicznej. Znajdzie się w nim także omówienie programu oraz końcowe testowanie i regulacja.

[1] Everyday Practical Electronics, listopad 1992.

[2] Everyday Practical Electronics, wrzesień 1992.

[3] Everyday Practical Electronics, maj, czerwiec 1994.



Rys. 14. Wyprowadzenia czujnika ciśnienia.