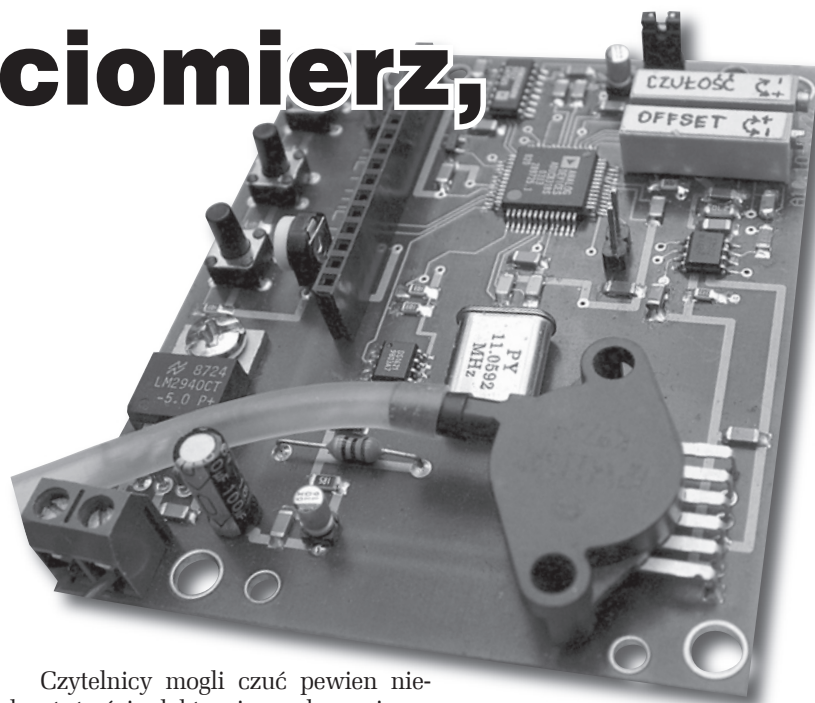


Wysokościomierz, część 2 AVT-916

Wysokościomierz (altimetr), miernik prędkości wznoszenia/opadania (wariometr) i prędkościomierz to podstawowe przyrządy pokładowe dla każdego pilota. Działają na podobnej zasadzie, czy to w wersji mechanicznej czy elektronicznej. W każdym przypadku mierzone jest ciśnienie powietrza na zewnątrz samolotu, a różnice polegają na sposobie „pobierania” powietrza do czujnika i interpretowaniu wyników. W tym artykule opisujemy konstrukcję altimetru.

Rekomendacje: prezentowany układ nie ma wymaganych certyfikatów by służyć do „oficjalnego” pomiaru wysokości. Może być jednak używany tam, gdzie te certyfikaty nie są wymagane, a jednocześnie użytkownik chce rejestrować osiągnięte wysokości, np. w turystyce górskiej lub lotniarstwie.



Czytelnicy mogli czuć pewien niedosyt treści elektronicznych w pierwszej części artykułu, teraz zaległości zostaną nadrobione. Tych, którzy pragną pogłębić swą wiedzę z zakresu lotnictwa i szybownictwa odsyłam do literatury fachowej oraz jak zwykle najwygodniejszego Internetu.

Ze wzoru 5 przedstawionego w pierwszej części artykułu wynika, że zależność wysokości od ciśnienia (dokładnie od stosunku ciśnienia zmierzonego do ciśnienia odniesienia) jest logarytmiczna. Dla małych wysokości można by nawet zastosować model liniowy, uznając, że co każde 8,5 metra wysokości ciśnienie spada o 1 hPa. Przyjęty w prototypie model logarytmiczny mimo, że bliższy prawdzie stanowi również pewne uproszczenie. W rzeczywistości relacje między wysokością i ciśnieniem są opisane funkcją wielu zmiennych, których nawet nie byłibyśmy w stanie na bieżąco pozyskiwać do obliczeń. Zakładając, że w projekcie zostanie zastosowany jakiś mikrokontroler, obliczanie logarytmów nie powinno stwarzać specjalnych zagrożeń. W tym momencie, po przeczytaniu zapowiedzi zastosowania mikrokontrolera zapewne wielu Czytelników zakończy dalszą lekturę artykułu, ale będzie to niestety już ich prywatna strata. Niestety nie mam żadnych argumentów na swoją obronę i z żalem muszę przyjąć taką ewentualność. Mikrokontrolery, to tak jak telefony komórkowe, Internet i kuchenki mikrofalowe – składniki naszej technicznej cywilizacji, od których trudno uciec.

Opis układu

Altimetr, którego schemat ideowy został przedstawiony na rys. 5 składa się z sześciu podstawowych bloków funkcjonalnych. Są to: zasilacz, układ pomiaru ciśnienia atmosferycznego, układ pomiaru temperatury, klawiatura 3-przyciskowa, wyświetlacz alfanumeryczny, interfejs RS232 i nieszczesny mikrokontroler. Do budowy zostały zastosowane podzespoły do montażu powierzchniowego. Ciśnienie jest mierzone popularnym czujnikiem Motorola – MPX4115AP (U1). Jego zakres pomiarowy znacznie wykracza poza potrzeby altimetru i z tego względu niezbędne było „obudowanie” go specjalnie zaprojektowanym wzmacniaczem. Dzięki temu, przedział napięć wyjściowych z czujnika odpowiadających mierzonemu faktycznie ciśnieniu zostaje dopasowany do parametrów przetwornika analogowo-cyfrowego. Dopasowanie polega na odpowiednim wzmocnieniu i przesunięciu napięcia wyjściowego układu U1. Z danych katalogowych czujnika MPX4115AP wynika, że przy założonym zakresie pomiarowym 850...1050 hPa jego napięcie wyjściowe będzie się zmieniało w przedziale od 3,35 do 4,25 V. Ten zakres powinien być rozciągnięty i przesunięty do wartości 0...2,5 V, odpowiadających pełnemu zakresowi pomiarowemu przetwornika analogowo-cyfrowego mikrokontrolera ADuC831, bo na taki się zdecydowałem. Oznacza to, że wzmocnienie stopnia z układem U2A wraz ze wstępnym dzielnikiem napięciowym R12 i R13 powinno wynosić około 2,78 V/V. Wzmocnienie to

PODSTAWOWE PARAMETRY

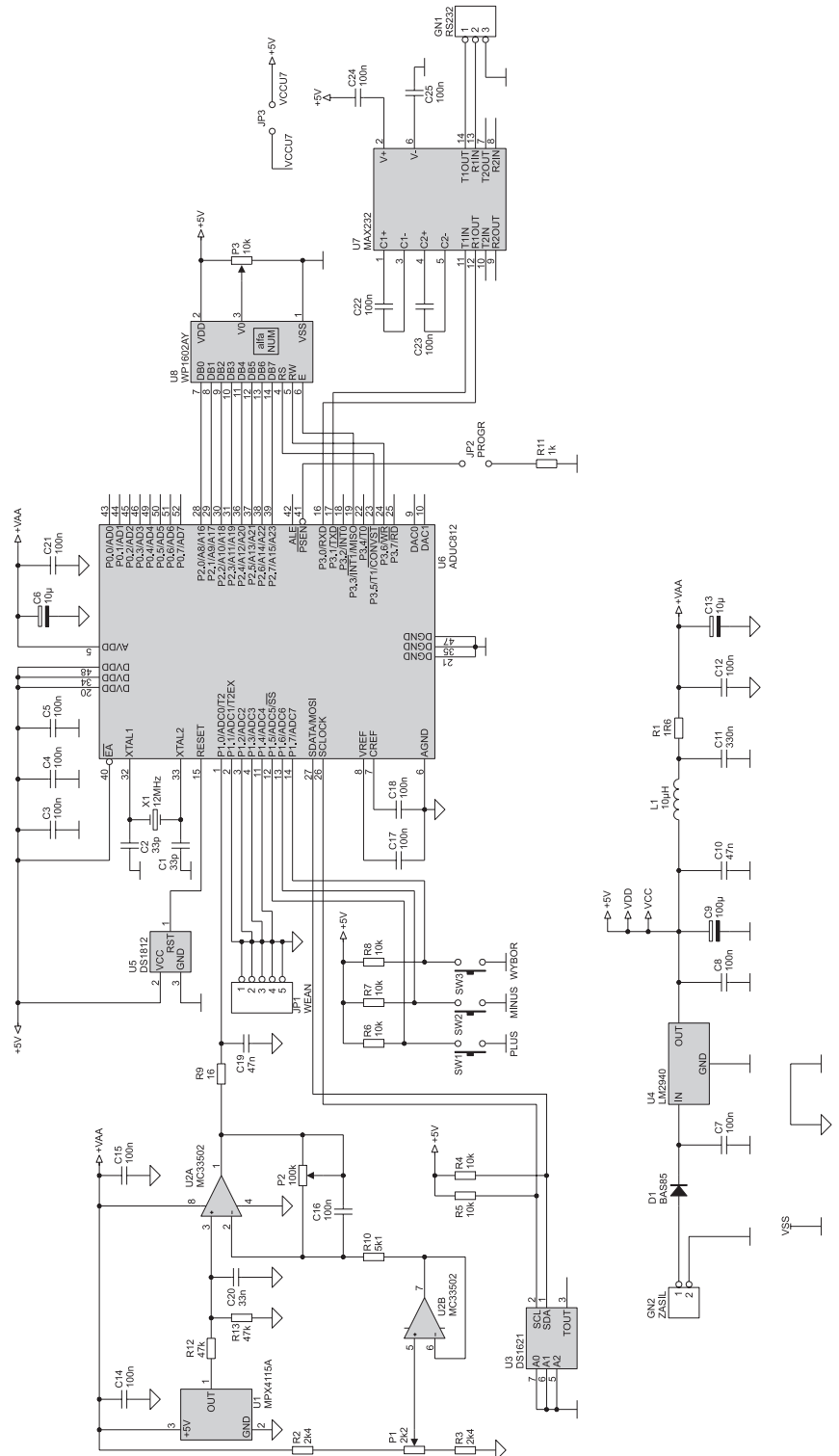
- Płytki o wymiarach 84 x 70 mm
- Zasilanie: bateria 9 V (6F22R)
- Funkcje: pomiar wysokości, ciśnienia atmosferycznego, temperatury, rejestracja ciśnienia
- Zakres pomiaru ciśnienia: 850...1050 hPa
- Zakres pomiaru wysokości: ok. 1500 m
- Liczba próbek rejestratora: 1024
- Odstęp między próbkami: 1...255 s

reguluje się potencjometrem P2. Potencjometr P1 odpowiada za sprowadzenie do zera sygnału pomiarowego występującego na wejściu przetwornika A/C. Zakres regulacji przesunięcia zależy od wzmocnienia stopnia ze wzmacniaczem U2A liczonemu od wejścia odwracającego. Niestety od tych samych elementów (P2, R10) zależy również wzmocnienie sygnału użytkowego, liczone od wejścia nieodwracającego. W praktyce okazało się, że dla zapewnienia odpowiedniego zakresu przesuwania napięcia konieczne było zwiększenie wzmocnienia stopnia U2A (ponad wartość 2,78 V/V), w wyniku czego należało wstępnie zmniejszyć sygnał z czujnika ciśnienia. Realizuje to dzielnik napięciowy R12, R13. Ważne jest, aby zastosowany wzmacniacz operacyjny U2 był typu *rail-to-rail* przynajmniej dla dolnych wartości napięć wejściowych i wyjściowych. Warunek ten spełnia np. układ MC33502. Kondensatory C20 i C16 ograniczają pasmo wzmacniacza do około 70 Hz. Tak drastyczne jego obcięcie nie wpływa negatywnie na wyniki pomiarów, skutecznie za to wycina szumy. Sygnał z czujnika ciśnienia jest podawany na kanał 0 przetwornika A/C zaimplementowanego w mikrokontrolerze ADuC831. Kanały 1...5 są wyprowadzone na łączówkę JP1 do ewentualnego wykorzystania. Aby nie wprowadzać dodatkowych zakłóceń wszystkie wejścia zostały zwarte do masy. Przed ich ewentualnym użyciem należy przeciąć odpowiednią ścieżkę masową na płytce tuż przy gnieździe JP1. Porty P1.5, P1.6 i P1.7 służą do obsługi klawiatury 3-przyciskowej i są skonfigurowane jako wejścia cyfrowe.

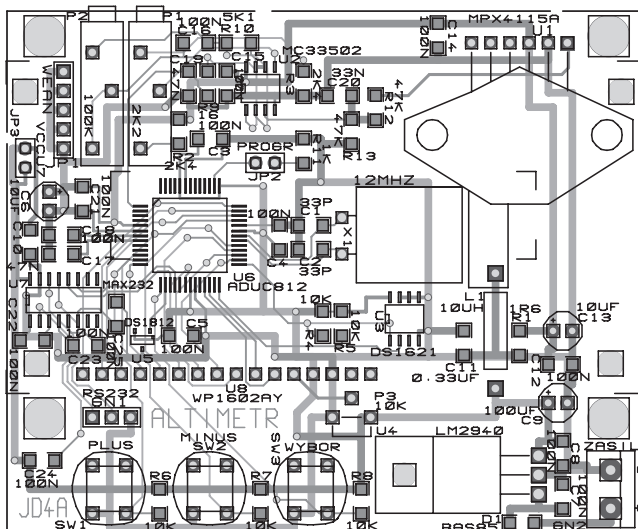
Spośród bogatej na naszym rynku oferty mikrokontrolerów wybrałem układ ADuC831 i to nie dla tego, że jestem staromodny i stosuję przestarzałą w mniemaniu wielu użytkowników rodzinę '51 zamiast np. nowoczesnych AVR-ów. W moim przekonaniu ADuC-e są jednymi z lepszych klonów 51-ki. W wielu zastosowaniach nadal bardzo skutecznie konkurują z AVR-ami. Dla mnie zasadniczym argumentem przemawiającym za takim, a nie innym wyborem jest wygoda pisania i uruchamiania programu, sprawdzone i dobrze znane narzędzia projektowe, możliwość programowania mikrokontrolera bez użycia jakiegokolwiek zewnętrznego programatora oraz znakomity, 12-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, który wraz z od-

powiednim źródłem referencyjnym zaimplementowano w strukturze układu. Nie bez znaczenia był również w tym przypadku wbudowany interfejs I²C. Do wad należy zaliczyć konieczność stosowania rezonatora kwarcowego oraz zewnętrznego supervisor'a (np. DS1812 (U5)). Mikrokontroler ADuC831 posiada 62 kB wewnętrznej pamięci programu typu Flash, co

daje gwarancję swobodnego pisania programu nawet z wykorzystaniem bibliotek arytmetyki zmiennoprzecinkowej. Wewnętrzny przetwornik analogowo-cyfrowy może współpracować z wewnętrznym lub zewnętrznym źródłem referencyjnym. Napięcie źródła wewnętrznego jest równe 2,5 V i jeśli się z niego korzysta, to taka jest maksymalna wartość napięcia wejścio-



Rys. 5. Schemat elektryczny wysokościomierza



Rys. 6. Schemat montażowy wysokościomierza

wego dla przetwornika A/C. Dopasowanie sygnału, jak było powiedziane wcześniej realizuje układ U2. Port P2 w całości służy do sterowania wyświetlaczem alfanumerycznym. Wystarczająca liczba portów mikrokontrolera pozwoliła na skonfigurowanie szyny danych wyświetlacza w tryb 8-bitowy. Płytkę została zaprojektowana pod wyświetlacz alfanumeryczny PLED typu WP1602A-Y. Jest on kompatybilny z popularnymi wyświetlaczami LCD, ale charakteryzuje się dużo lepszym kontrastem wyświetlanych znaków. Może być z powodzeniem używany nawet w całkowitej ciemności, niestety kosztem większego poboru prądu zasilającego. Potencjometr P3 służy do regulacji kontrastu w przypadku wyświetlacza LCD, PLED nie reaguje na jego ustawienia.

Mikrokontroler ADuC831 posiada ponad 2 kB pamięci RAM, było by więc grzechem nie skorzystać z tego faktu. Część pamięci została przeznaczona na zmienne systemowe programu, w pozostałym obszarze zapisywane są dane z rejestracji. Program użytkowy umożliwia bowiem rejestrowanie mierzonego ciśnienia. Próbkę są pobierane w ustalonych przez użytkownika odstępach czasu (od 1 do 255s) i mogą być przesłane do komputera PC poprzez interfejs RS232. Tekstowy format danych

pozwała na późniejszą ich obróbkę w dowolnym programie, np. w Excelu. Do konwersji poziomów TTL na RS232 został wykorzystany układ ADM202 (U7), który działa prawidłowo z kondensatorami 100 nF (C22... C25). W fazie projektowania altimetru interfejs RS232 był wykorzystywany do programowania mikrokontrolera. Potrzebny jest do tego program *loadera*. Układ U7 nie pobiera zbyt dużego prądu z zasilacza, ale jeśli transmisja szeregową nie jest planowana, to odłączając zwórkę JP3 można zaoszczędzić kilka miliamperów.

Wprawdzie w obliczeniach wysokości nie jest uwzględniana aktualna temperatura, ale altimetr jest przystosowany do jej pomiaru. Jako czujnik został wykorzystany układ DS1621 współpracujący z mikrokontrolerem poprzez interfejs I²C. Jak już wiemy układ ADuC831 zwalnia nas z konieczności implementowania tego interfejsu w portach ogólnego użytku, ponieważ posiada dedykowane do tego celu wyprowadzenia (26 i 27). Są one wykorzystane w altimetrze. Należy przy tym pamiętać o konieczności podwieszenia rezystorów podciągających R4 i R5 na liniach SDATA i SCLOCK.

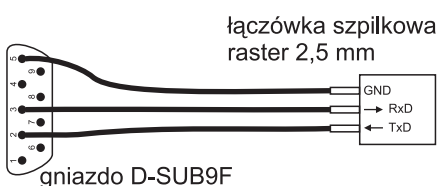
Altimetr jest przystosowany do zasilania napięciem co najmniej 6 V. Do jego stabilizacji został zastosowany układ LM2940 (U4). Dioda D1 zabezpiecza przed odwrotnym dołączeniem zasilania do gniazda GN2. Aby zminimalizować napięcie przewodzenia powinna to być dioda Shottky'ego, np. BAS85. Przetwornik analogowo-cyfrowy mikrokontrolera ADuC831 wymaga odrębnego zasilania niż część cy-

frowa. Bardzo istotne dla trwałości przetwornika jest przy tym, aby napięcie „analogowe” nie pojawiło się wcześniej niż napięcie „cyfrowe”. Powyższe warunki są spełnione poprzez zastosowanie dławika L1 oraz elementów C11, R1, C12 i C13.

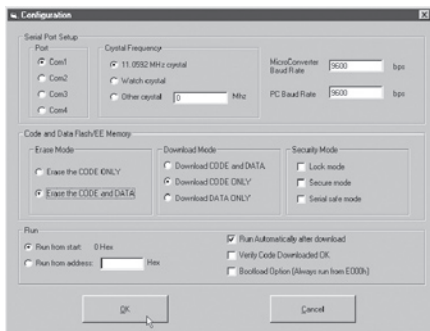
Montaż i uruchomienie

Widok płytki altimetru jest przedstawiony na rys. 6. Została ona dostosowana wymiarami do obudowy KM-33. Najtrudniejszym etapem montażu będzie przylutowanie mikrokontrolera. Po dokładnym spozycjonowaniu go na punktach lutowniczym lutujemy dwie nóżki po przekątnej obudowy, cały czas upewniając się czy układ nie uległ przesunięciu. Jeśli na tym etapie montażu zauważymy, że wyprowadzenia nie pokrywają się dokładnie z polami lutowniczymi możemy to jeszcze w miarę bezpiecznie skorygować. Później nie będzie to już możliwe. Jeśli umiejscowienie układu jest prawidłowe lutujemy kolejne wyprowadzenia. Dalsze czynności montażowe przebiegają zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami. Czujnik ciśnienia powinien być wlutowany dopiero po kalibracji toru pomiarowego. Przed jego montażem należy przymierzyć go do płytki i w odpowiednim miejscu zagiąć nóżki pod kątem 90° tak, aby oznaczenie typu znalazło się u góry. Wyświetlacz jest łączony z płytką za pomocą goldpinów i odpowiedniego gniazda. Goldpiny trzeba samodzielnie wcześniej przylutować do płytki wyświetlacza (fabrycznie ich nie ma). Dla wzmocnienia konstrukcji niezbędne jest przymocowanie płytki wyświetlacza do płytki altimetru za pomocą odpowiednio dopasowanych tulejek dystansowych. Po zmontowaniu wszystkich elementów (oprócz U1) altimetr jest gotowy do uruchomienia.

Uruchomienie rozpoczynamy od sprawdzenia napięcia zasilającego. Jego wartość zmierzona na wyjściu stabilizatora U4 powinna być równa +5 V. Dalsze czynności muszą być prowadzone z zaprogramowanym mikrokontrolerem. Układ dostarczany w kitach warunek ten będzie spełniał, jednak gdyby ktoś chciał eksperymentować z własnym programem to powinien znać procedurę programowania. Jak już wiemy cały proces odbywa się poprzez interfejs RS232. Wyprowadzenia portu szeregowego TxD, RxD oraz GND są dostępne poprzez złącze szpilkowe GN1 (występują w takiej kolejności patrząc od góry). Do pro-



Rys. 7. Schemat elektryczny kabla połączeniowego



Rys. 8. Widok okna programu ładującego dla mikrokontrolera ADuC831

wadzenia transmisji potrzebna będzie specjalnie wykonana przejściówka (rys. 7). Umożliwi ona wykorzystanie typowego kabla zakończonego z jednej strony wtykiem męskim DSUB-9, a z drugiej strony takim samym, tylko żeńskim. Programowanie rozpoczynamy od połączenia altimetru z komputerem PC i uruchomieniu na komputerze program *loadera*. Przed kolejnymi działaniami warto sprawdzić jego konfigurację i ewentualnie zmienić ustawienia. Przykładowy dobór opcji jest przedstawiony na rys. 8. Do programowania mikrokontrolerów ADuC831 może być używany *loader* w wersji 6.02, który firma Analog Devices udostępnia na swojej stronie internetowej. Programowanie rozpoczynamy od zwarcia zworki JP2. Teraz można włączyć zasilanie altimetru, po czym kliknąć na klawisz *Download*. Po wskazaniu programu, który ma być zapisany w pamięci Flash mikrokontrolera naciskamy klawisz *OK*. Jeśli montaż został wykonany prawidłowo i nie popełniliśmy błędu w przejściówce z rys. 7, to po chwili mikrokontroler będzie gotowy do pracy. Wybranie opcji *Run Automatically after download* spowoduje, że program altimetru uruchomi się automatycznie po załadowaniu. Należy pamiętać, że wyzerowanie mikrokontrolera lub wyłączenie i włączenie zasilania z założoną zworką JP2 spowoduje, że układ pozostanie w trybie programowania. Do normalnej pracy konieczne jest więc wyjście tej zworki po zaprogramowaniu mikrokontrolera. Prawidłowe wykonanie powyższych czynności lub włączenie „fabrycznie” przygotowanego kitu powinno uruchomić program użytkowy altimetru. Na początku przez kilka sekund jest wyświetlana winietka informująca o autorze i wersji oprogramowania, po czym układ przechodzi do normalnej pracy wyświetlając bieżące informacje (rys. 9).



Rys. 9.

Kalibracja altimetru

Do poprawnego wyświetlania wyników pomiarów niezbędne jest dokładne skalibrowanie toru wzmacniającego ze wzmacniaczem U2. W rezultacie tych działań wartość ciśnienia podawana na wyświetlaczu powinna odpowiadać rzeczywistemu ciśnieniu atmosferycznemu. Sprawdzenie wskazań można wykonać przy użyciu innego, sprawdzonego barometru lub np. dostępnych serwisów pogodowych (telewizyjnych lub internetowych). Dużym ułatwieniem będzie wstępne ustawienie wzmacnienia, zgodne z założeniami teoretycznymi, czyli ok. 2,78 V/V. Ponieważ mamy tu do czynienia z pomiarami statycznymi, kalibrację można łatwo przeprowadzić przy użyciu zasilacza o regulowanym napięciu. Potencjometrem P1 ustawiamy napięcie ok. 2 V na wyprowadzeniu 7 U2B, następnie do wejścia wzmacniacza doprowadzamy napięcie z zasilacza o wartości takiej, by na wyjściu 1 U2A uzyskać ok. 2,5 V – mamy wówczas pewność, że wzmacniacz nie jest ani zatkany, ani nasycony. Jako wejście możemy tymczasowo wykorzystać punkt lutowniczy 1. nóżki układu U1, który nie został jeszcze wlutowany. Notujemy dokładne wyniki napięcia wejściowego i wyjściowego (oznaczymy je U_{we1} i U_{wy1}). Następnie zmieniamy napięcie wejściowe o dowolną wartość, ale dbając, by wzmacniacz nadal pracował aktywnie. Ponownie notujemy wartości tych napięć (U_{we2} i U_{wy2}). Teraz „ręcznie” obliczamy wzmacnienie – będzie ono równe: $k_u = (U_{wy2} - U_{wy1}) / (U_{we2} - U_{we1})$. Metodą kolejnych prób i błędów, korygując ustawienie potencjometru P2, doprowadzamy wzmacnienie do założonej wartości 2,78 V/V. Teraz ustawiając napięcie wejściowe równe 4,25 V sprawdzamy, czy na wyjściu wzmacniacza napięcie jest równe 2,5 V oraz czy po zmniejszeniu napięcia wejściowego do wartości 3,35 V na wyjściu uzyskamy 0 V. Istotne jest, aby zerowa wartość wyjściowa pojawiła się dokładnie w momencie ustawienia na wejściu napięcia 3,35 V. Jeśli to nastąpi wcześniej, to będzie

oznaczało, że wzmacniacz zdążył się nasycić, czyli prawdopodobnie ma za duże wzmacnienie. Podczas kalibracji należy pamiętać, że korygując wzmacnienie układu niestety również powodujemy zmianę przesunięcia napięcia wyjściowego. Zawsze po zmianie wzmacnienia należy więc skorygować też przesunięcie. Powyższe czynności spowodowały tylko wstępne skalibrowanie altimetru. Teraz można już wlutować czujnik ciśnienia (U1). Ostateczną regulację przeprowadzamy w oparciu o porównanie wskazań przyrządu z wiarygodnymi wynikami ciśnienia.

Użytkowanie altimetru

Altimetr na swoim podstawowym ekranie roboczym (rys. 9) pokazuje: jednocześnie aktualną wysokość (szczegóły dalej), czas mierzony od chwili włączenia zasilania

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1: 1,6 Ω
- R9: 16 Ω
- R11: 1 kΩ
- R2, R3: 2,4 kΩ
- R10: 5,1 kΩ
- R4, R5, R6, R7, R8: 10 kΩ
- R12, R13: 47 kΩ
- P1: potencjometr wieloobrotowy 2,2 kΩ
- P3: potencjometr wieloobrotowy 10 kΩ
- P2: potencjometr wieloobrotowy 100 kΩ

Kondensatory

- C1, C2: 33 pF
- C20: 33 nF
- C10, C19: 47 nF
- C3...C5, C7, C8, C12, C14... C18, C21...C25: 100 nF
- C11: 0,33 μF
- C6, C13: 10 μF/25 V
- C9: 100 μF/25 V

Półprzewodniki

- D1: BAS85
- U6: ADUC812 (zaprogramowany)
- U3: DS1621
- U5: DS1812
- U4: LM2940
- U7: MAX232
- U2: MC33502
- U1: MPX4115A

Inne

- U8: wyświetlacz alfanumeryczny WP1602AY
- L1: dławik 10 μH
- SW1, SW2, SW3: mikroprzełączniki
- X1: rezonator kwarcowy 12 MHz
- JP2, JP3: zworka
- GN1, JP1: Goldpin
- GN2: łączówka ARK2

Rys. 10.

Rys. 11.

Rys. 12.

lub rozpoczęcia rejestracji, aktualne ciśnienie atmosferyczne (podawane w hPa) i temperaturę otoczenia. Co 10 sekund w polu czasu wyświetlana jest na sekundę informacja o rodzaju mierzonej wysokości – QFE, QNH, QNE (rys. 10, 11 i 12). Naciśnięcie i krótkie przytrzymanie klawisza „-” w trakcie normalnej pracy powoduje przejście do menu. Przechodzenie pomiędzy jego kolejnymi pozycjami następuje po naciśnięciu klawisza „+”, a klawiszem „W” (wybór) akceptuje się wybraną pozycję. Mamy kolejno:

1. Ustawianie typu wysokości (rys. 13). Po zaakceptowaniu tej pozycji możemy klawiszem „+” zmieniać kolejno typ mierzonej wysokości (rys. 14, 15 i 16). Ostateczna akceptacja następuje po naciśnięciu klawisza „W”.

Rys. 13.

Rys. 14.

Rys. 15.

Rys. 16.

Rys. 17.

Rys. 18.

Rys. 19.

2. Zerowanie wysokości (rys. 17). Po naciśnięciu klawisza „W” trzeba potwierdzić chęć wyzerowania wysokości (rys. 18). Naciśnięcie klawisza „+” spowoduje wykonanie polecenia, klawisz „-” natomiast umożliwi wycofanie akcji. Wyzerowanie wysokości jest możliwe tylko wtedy, gdy jest włączony pomiar QFE lub QNH, przy czym w przypadku QNH po wyzerowaniu wysokości altimetr automatycznie przechodzi do pomiaru QFE. Próba wyzerowania wysokości w trybie QNE kończy się wyświetleniem na chwilę komunikatu jak na rys. 19.
3. Ustawianie parametrów lotu (rys. 20). Mamy tu możliwość ustawienia ciśnienia lotniska (rys. 21) i wysokości lotniska nad poziomem morza (rys. 22). Pierwszy parametr jest potrzebny do prawidłowego wskazywania wysokości QFE, ponieważ wprowadzone ciśnienie lotniska staje się ciśnieniem odniesienia. Drugi

Rys. 20.

Rys. 21.

Rys. 22.

Rys. 23.

parametr jest potrzebny do prawidłowego wskazania wysokości QNH. Wprowadzanie wartości liczbowych dokonuje się klawiszami „+” i „-”. Przytrzymanie każdego z nich na dłużej niż sekundę powoduje zwiększenie kroku zliczania. Ostateczna akceptacja jak zwykle następuje po naciśnięciu klawisza „W”.

4. Powrót do trybu pomiarowego (rys. 23). Ta pozycja menu pozwala powrócić do normalnego trybu pomiarowego bez żadnych zmian w ustawieniach.
5. Rozpoczęcie/zatrzymanie rejestracji (rys. 24). Jeśli w chwili wybrania tej opcji altimetr nie rejestrował danych, to po poinformowaniu o wielkości dostępnej pamięci RAM trzeba będzie potwierdzić chęć włączenia rejestracji (rys. 25). Naciśnięcie w tym momencie klawisza „+” lub „W” spowoduje rozpoczęcie rejestrowania ciśnienia (uwaga: zapamiętywane są tylko wartości próbek przetwornika analogowo-cyfrowego), klawisz „-” przywraca normalny tryb pomiarowy. Rejestrowanie danych jest sygnalizowane wyświetleniem znaku wykrzyknika tuż za wysokością (rys. 26). Rejestracja może być przerwana po ponownym wybraniu tej pozycji menu. Następuje wtedy wyświetlenie informacji o wielkości dostępnej pamięci RAM, po czym trzeba będzie zdecydować, czy rejestracja ma być zatrzymana (klawisze „+” lub „W”) lub nie (klawisz „-”) (rys. 27). Kolejne uruchomienie rejestracji nie powoduje utraty wcześniej zapisanych danych. Nowe pomiary są umieszczane

Rys. 24.

Rys. 25.



Rys. 26.



Rys. 27.

w kolejnych komórkach pamięci, aż do jej przepełnienia. Gdy to nastąpi użytkownik jest o tym informowany, a dalsza rejestracja zostaje zatrzymana.

6. Przesłanie danych łączem szeregowym do komputera (rys. 28). Przed wybraniem tego polecenia należy oczywiście połączyć altimetr z komputerem za pomocą kabla szeregowego z przejściówką z rys. 7. Na komputerze uruchamiamy dowolny program obsługujący transmisję przez port szeregowy, np. HyperTerminal. Najczęściej będzie on pracował



Rys. 28.

z opcją zapisu danych na dysku w celu późniejszego wykorzystania ich do własnych potrzeb. Program terminalowy powinien być skonfigurowany na transmisję z prędkością 57600 zn/s, dane 8-bitowe, jeden bit stopu, bez kontroli parzystości i bez kontroli przepływu. W czasie transmisji na wyświetlaczu wyświetlane są adresy oraz wartości transmitowanych próbek. Na zakończenie podana jest informacja o liczbie przesłanych próbek (rys. 29). Po naciśnięciu dowolnego klawisza wyświetlone jest pytanie o to, czy wykasować wszystkie dane z pamięci RAM. Oczyszczenie pamięci następuje po naciśnięciu klawisza „+” lub „W”, klawisz „-” pozostawia dane w RAM-ie i można je będzie przesłać jeszcze raz.



Rys. 29.

7. Ustawianie parametrów programu (rys. 30). Po wejściu klawiszem „W” w tę pozycję menu ukazuje się ekran jak na rys. 31.



Rys. 30.



Rys. 31.

Mamy tu możliwość ustawienia: interwału czasu pomiędzy zbieraniem kolejnych próbek do rejestracji (po wybraniu opcji „Parametry rejestracji”) oraz współczynnika A stosowanego w wyrażeniu obliczającym wysokość: $h = -A \ln(p_p/p_0)$ (po wybraniu opcji „Współczynnik obliczeniowy”). Wyboru opcji dokonujemy klawiszem „+”. Każde jego naciśnięcie powoduje zmianę położenia pulsującego kursora, który wskazuje na polecenie uaktywniane po naciśnięciu klawisza „W”. Po wybraniu zmiany interwału próbkowania wyświetlany jest ekran jak na rys. 32. Teraz klawiszami „+” i „-” zmieniamy wartość odstępu czasowego pomiędzy rejestrowaniem kolejnych próbek. Przytrzymanie tych klawiszy na dłużej spowoduje zwiększenie kroku zliczania.



Rys. 32.

Ostateczna akceptacja parametru następuje po naciśnięciu klawisza „W”. W przypadku wybrania ustawiania wartości współczynnika obliczeniowego wyświetlony jest ekran jak na rys. 33. Po naciśnięciu klawisza „W” zostaje zaproponowana wartość domyślna (rys. 34). Akceptuje się ją klawiszem „W”, natomiast klawisz „-” powoduje rezygnację ze zmian, o czym użytkownik jest na krótko informowany. Jeśli w chwili, gdy widoczny jest ekran z rys. 33 zostanie naciśnięty klawisz „-” wprowadza-



Rys. 33.



Rys. 34.

nie zmian zostanie przerwane, natomiast po naciśnięciu klawisza „+” można ręcznie skorygować wartość współczynnika A (rys. 35). Zmianę wartości tradycyjnie dokonujemy klawiszami „+” i „-”, akceptujemy zaś klawiszem „W”. Dla przypomnienia warto zerknąć do pierwszej części artykułu, w której były podawane dokładne wyrażenia stosowane do obliczeń. Jak widać ze wzoru 5, w stałej A ukryta jest m.in. temperatura. Tak na prawdę nie jest to więc stała, tylko parametr zależny od temperatury, przyspieszenia ziemskiego i stałej gazowej. Tylko w pewnym uproszczeniu można uznać, że nie ulega on zmianom. W istocie największy wpływ ma temperatura i można ten wpływ uwzględnić pośrednio poprzez korektę całego współczynnika A.



Rys. 35.

Mimo, że opisywana konstrukcja w zamyśle miała być przeznaczona głównie dla lotniarzy i paralotniarzy, to **absolutnie nie może być wykorzystywana do prowadzenia nawigacji**. Do tego celu nadają się jedynie przyrządy homologowane. Być może będzie to jednak ciekawy element uatrakcyjniający loty. Na zakończenie pozostaje życzyć tyłu lądowań, co startów. Aha i jeszcze jedno... w tym altimetrze nie trzeba przed startem pukać w szybkę.

Jarosław Doliński, EP
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

<http://www.wunderground.com/global/stations/12375.html>