



Minikombajn Pomiarowy część 2

Montaż i uruchomienie

Kończymy z teorią. Czas na zmontowanie układu. Całość składa się z kilku płytek drukowanych, z czego dwie pełnią funkcję obudowy. Pozostałe dwie to płyta główna i płytka z przyciskami, przedstawione na **rysunku 6**. Na temat tej ostatniej nie będę się rozpisywał. Lutujemy diody zgodnie z polaryzacją jak na schemacie, przyciski i na końcu złącza.

Jeśli posiadasz stację na gorące powietrze, to przylutuj najpierw mikrokontroler i stabilizator. W przeciwnym razie zostaw sobie to na później. W zasadzie montaż wygląda standardowo. Od najniższych elementów po najwyższe. Kondensatory i dławiki na dolnej stronie płytki najlepiej wlutować na sam koniec. Gdy już płytki będą gotowe, składamy całość, ale jeszcze bez przykręcania śrubami. Najpierw trzeba sprawdzić, czy wszystko działa. Pierwszym krokiem jest wgranie programu. Mikrokontrolery XMEGA do programowania wykorzystują interfejs PDI. Dlatego stary pocziwy STK200 lub STK500 się nie nada. Trzeba zaopatrzyć się na przykład w STK600, AVR ONE lub AVRISP MKII (AVRISP2). Jeżeli proces programowania zakończy się sukcesem, na wyświetlaczu pojawi się menu. Wtedy możemy przystąpić do pozostałych czynności kontrolnych. Interfejs sprawdzamy bez dodatkowych urządzeń. Natomiast aby zobaczyć, czy tor wejściowy i wyjściowy pracują poprawnie, dobrze jest skorzystać z oscyloskopu i opcjonalnie także generatora. W ostateczności można połączyć wyjście z wejściem kombajnu i zobaczyć, czy generowany przebieg jest prawidłowy. Problem będzie jednak wtedy, gdy takiego przebiegu nie zobaczymy. No bo co teraz nie działa? Generator czy może oscyloskop? Posiadając zewnętrzny oscyloskop, szybko dojdziemy do miejsca,

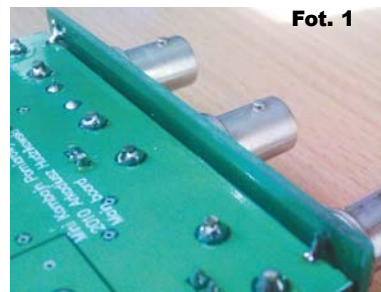
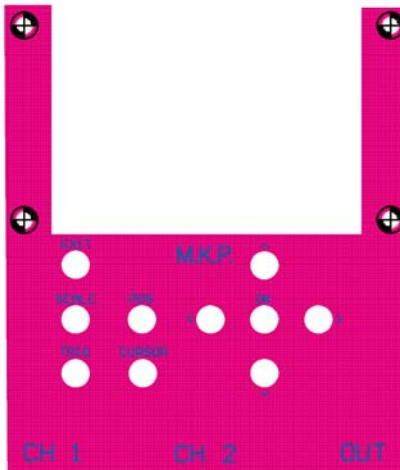
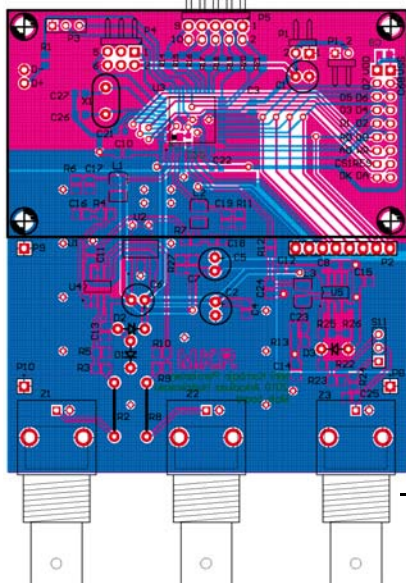
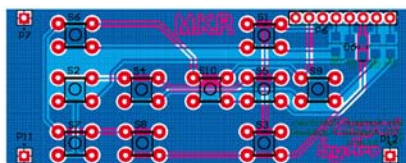
które sprawia problem. W przeciwnym razie pozostaje dokładna analiza lutów oraz sprawdzenie, czy aby na pewno wszystkie elementy są na swoim miejscu. Gdy stwierdzimy, że urządzenie działa prawidłowo, możemy przykręcić pozostałe płytki. Jak widać, są one pokryte jednostronnie miedzią, tworząc w ten sposób dodatkowe ekranowanie. Warto połączyć je elektrycznie z masą analogową układu za pomocą krótkiego drucika lub mostka z cyny, co pokazuje **fotografia 1**. W przeciwnym wypadku taki niepodłączony ekran może doprowadzić do zwiększenia zakłóceń. W Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru umieszczone są projekty płytek, program dla procesora oraz program dla PC do zdalnej obsługi kombajnu, aktualne w chwili publikacji. W związku z dalszymi pracami nad oprogramowaniem, osoby zainteresowane realizacją projektu powinny zwrócić się do mnie w sprawie najnowszych wersji, na adres e-mail podany na końcu artykułu, wpisując w temacie „MKP3”.

Układ może być zasilany napięciem 3...3,6V, doprowadzonym do złącza P1, jednak przy 3V

kontrast wyświetlacza może być słaby, dlatego najlepiej zasilić układ napięciem 3,3V.

Obsługa urządzenia

Nadszedł długo oczekiwany moment. Po zmontowaniu układu wreszcie możemy wypróbować możliwości naszego kombajnu. Zanim jednak to się stanie, należy dokonać kalibracji urządzenia. W tym celu wchodzimy w *generator* i ustawiamy częstotliwość przyciskami <, >. Przytrzymanie OK przyspiesza wybór. Jeśli ktoś nie posiada oscyloskopu lub multimetru z pomiarem RMS, to ustawia częstotliwość 50Hz. W przeciwnym wypadku częstotliwość może być dowolna, chociaż nie zalecam więcej niż 1kHz. Ważne, aby po wejściu do generatora chociaż raz nacisnąć jakikolwiek przycisk. Wtedy na ekranie pojawi się przebieg, co znaczy, że generator został włączony. Dodatkowo przy pomiarze offsetu multimetrem warto ustawić wzmacnienie na 0 przyciskiem v. Po tych czynnościach naciskamy przycisk EXIT i przechodzimy w *ustawienia*, a później *kalibracja*. W celu korekty wzmacnienia i offsetu generatora ustawiamy odpowiednie wartości przyciskami <, >, ^, v. Oscyloskopem bądź multimetrem ustawionym na pomiar VDC sprawdzamy wartość offsetu i przyciskami ^, v ustawiamy wartość na 0V. Następnie sprawdzamy czy wartość amplitudy sinusa wynosi 1,25V (883mV dla pomiaru RMS) i korygujemy ewentualne odchyłki przyciskami < i >. Jeżeli korzystasz z multimetru, to przypominam o tym, aby najpierw ustawić wzmacnienie na 125,00, co odpowiada amplitu-



Rys. 6

Fot. 1

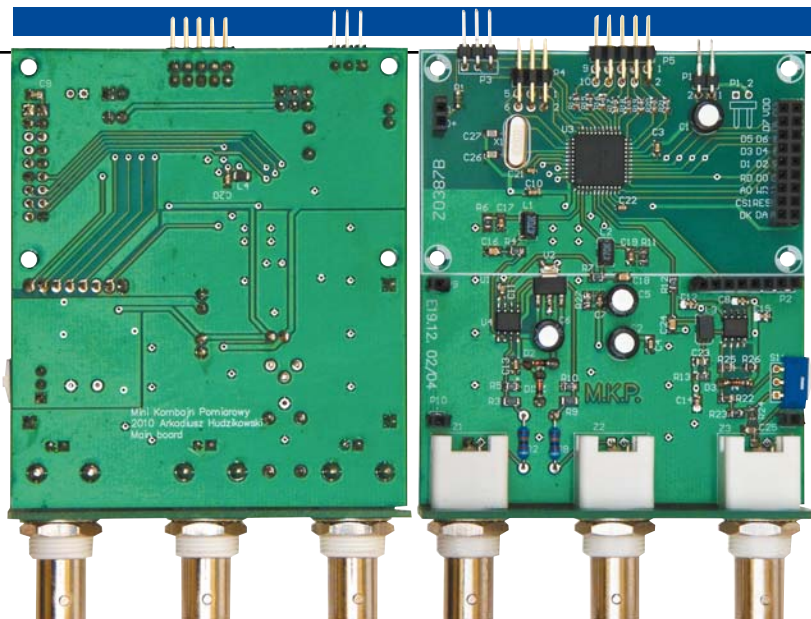
dzie 1,25V. Ostatnim krokiem jest kalibracja offsetu przetwornika analogowo-cyfrowego. Upewniamy się, że do wejść CH1 i CH2 nic nie jest podłączone, albo lepiej zwieramy je do masy. Następnie naciskamy przycisk OK. Powinno pojawić się słówko „kal”. Czekamy chwilę, aż pojawi się „ok”. Kalibracja została zakończona. W ustawieniach możemy jeszcze dobrać parametry wyświetlacza, czyli jasność podświetlenia i kontrast, a także wybrać prędkość komunikacji RS232. Po dokonaniu tych niezbędnych czynności wychodzimy z ustawień. A oto opis obsługi poszczególnych narzędzi.

Oscyloskop

Przyciski po lewej służą do wyboru rodzaju parametrów. Są to kolejno: podstawa czasu i wzmocnienie, pozycja w poziomie i pionie, wyzwalanie, kursory. Każdy parametr ustawiamy przyciskami po prawej. Poprzez przytrzymanie przycisku OK możemy przyspieszyć wybór żądanej wartości. Nieco inaczej wygląda wyzwalanie. Tam klawisz OK służy do wyboru parametru. Przyciskami <, > wybieramy, co chcemy ustawić. Pierwsza kolumna służy do wyboru sposobu wyzwalania: ‘-’ – brak, ‘N’ – normal, ‘A’ – auto, ‘S’ – single. Kolejna kolumna to wybór zbrocza: ‘\’ – opadające, ‘/’ – narastające. Ostatnia ustala stromość zbroczy: ‘LF’ – low pass filter, czyli łagodne zbrocza, ‘HF’ – high pass filter, ostre zbrocza. Przyciskami ^ i v wybieramy poziom wyzwalania. Jeśli chodzi o kursory, to mamy do dyspozycji dwa: ^, v wybiera kursor, a <, > przesuwają go po ekranie. Wartość ‘dt’ to czas pomiędzy kursorami. Ogólnie obsługa jest intuicyjna, poza jednym wyjątkiem. A jest nim drugi kanał. Otóż, żeby go włączyć, trzeba nacisnąć przycisk SCALE, jednocześnie przytrzymując OK. Przełączanie pomiędzy kanałami wygląda podobnie. Wciskamy POS z przytrzymanym OK. Takie trochę dziwne rozwiązanie podktowane jest ograniczoną klawiaturą. Osobno dla każdego kanału można ustawić wzmocnienie i pozycję w pionie. Wyzwalanie zawsze odbywa się na kanale pierwszym.

Generator

Niestety podpisy pod klawiszami nie są adekwatne do rodzaju ustawianych parametrów, ale można się szybko przyzwyczaić. Wybór częstotliwości i wzmocnienia został omówiony przy okazji kalibracji. Tak więc idziemy dalej. Naciśnięcie POS pozwala na ustawienie wypełnienia/symetrii przebiegu oraz offsetu. Przycisk TRIG prowadzi nas do trybu modulacji. Wtedy aktywne jest wejście CH1, gdzie podajemy sygnał modulujący. Ostatni zestaw parametrów znajdujący się pod klawiszem CURSOR to wybór rodzaju przebiegu i powiększenia w poziomie. Powiększenie nie



wyświetlacza, napisy nakładają się na ostatni kanał. Po chwili nieużywania znikają. Pozycja TRIG pozwala ustalić warunki wyzwalania. ‘X’ oznacza dowolny stan. Jeśli wybierzemy ‘X’ na wszystkich kanałach, to sygnał będzie próbkowany od razu po naciśnięciu SCALE. Możemy także wybrać stan niski ‘0’ lub wysoki ‘1’. A także zbrocz narastające ‘/’ lub opadające ‘\’.

wpływa na pracę generatora, służy tylko do lepszego zobrazowania przebiegu. Trochę więcej uwagi poświęć pracy arbitralnej. Na początek oczywiście wybierzmy przebieg „arbitrary”. Powiększenie ustawiamy na 1 oraz upewniamy się, że wybrana częstotliwość jest niższa niż 2kHz. Wtedy do dyspozycji mamy 512-bajtowy bufor. Naciskamy POS. Mamy teraz możliwość ustawiania każdej próbki sygnału. Przyciski <, > wybierają próbkę, a ^, v ustawiają wartość. Przy ustawianiu wartości można korzystać z przyspieszenia, czyli przytrzymania OK. Przy wyborze próbki ten przycisk ma inne znaczenie. Gdy go przytrzymujemy, każda kolejna wybrana próbka przyjmuje wartość poprzedniej. Dzięki temu bardzo szybko można rysować poziome linie. Będąc w trybie arbitralnym możemy również odczytać przebieg z pamięci EEPROM poprzez naciśnięcie SCALE z przytrzymanym OK. Oczywiście o ile takowy wcześniej zapisaliśmy. Przebieg zapisujemy wciskając POS oczywiście z klawiszem OK. Do pamięci EEPROM trafi wtedy aktualnie generowany sygnał.

Analizator widma

Obsługa analizatora jest dużo prostsza. Pod klawiszem SCALE kryją się parametry, takie jak zakres częstotliwości (Hz/działkę) oraz wzmocnienie. Pozycja POS daje nam możliwość przesuwania widma w pionie i poziomie. Przycisk CURSOR wyświetla kursor częstotliwości, pod którym możemy odczytać także amplitudę składowej sygnału w dB.

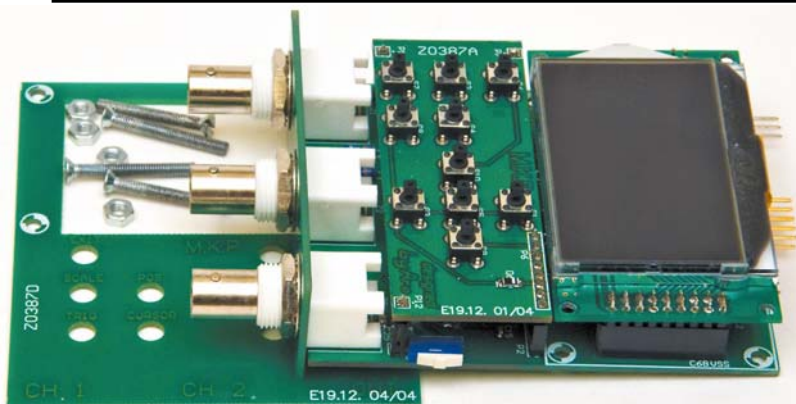
Analizator stanów logicznych

Naciśnięcie SCALE pozwala na wybranie częstotliwości próbkowania. Kolejne naciśnięcie SCALE uruchamia tryb odczytu. Urządzenie czeka na spełnienie warunków wyzwolenia i zaczyna próbować. Następnie po zakończeniu odczytu automatycznie ustawia drugi rodzaj parametrów, czyli przesuwanie i skalowanie sygnału w poziomie. Można go również uruchomić poprzez naciśnięcie POS. Ze względu na ograniczone rozmiary

stające ‘/’ lub opadające ‘\’. W przypadku wyboru stanów warunki wyzwalania zostaną spełnione, jeśli na wszystkich wejściach jednocześnie pojawi się wybrana przez nas kombinacja. Natomiast takie podejście nie ma sensu dla zbroczy. Dlatego jeśli wybierzemy wyzwalanie zbroczem na kilku kanałach, to warunki zostaną spełnione, jeśli na jednym z tych kanałów pojawi się wybrane przez nas zbrocze. Oczywiście można ustawić dowolną kombinację, na przykład XX10//0X. Należy rozumieć to w następujący sposób. Zaczynaj próbkowanie, jeśli pojawi się zbrocze narastające na kanale 5 lub 6 oraz na kanale 3 będzie stan wysoki, na kanale 4 i 7 będzie stan niski. Dzięki temu możemy sprawdzać dowolne fragmenty przebiegów skomplikowanych interfejsów. Jeśli analizator podłączony jest do magistrali, to w szybkim oszacowaniu wartości liczbowej pomoże kursor. Naciskamy przycisk CURSOR i możemy teraz odczytać 8-bitową wartość wszystkich kanałów dla każdej próbki.

Wobuloskop

Pierwsze, co ukaże się naszym oczom po wejściu do tego narzędzia, to tryb przemiatania częstotliwości. Naciskamy SCALE, aby móc ustawić częstotliwość początkową i końcową. Tak naprawdę jest to jej mnożnik, czyli jak ustawimy powiedzmy 1000Hz x 200, to uzyskamy zakres 1kHz – 200kHz. Następnie znowu wciskamy SCALE i w tym momencie rozpoczyna się pomiar. Po jego zakończeniu dostajemy kursor, którym możemy poruszać się po całej charakterystyce. Na dole wyświetlona zostaje częstotliwość i odpowiadające jej wzmocnienie / tłumienie wyrażone w dB. Kolejnym sposobem pomiaru charakterystyki jest wykorzystanie impulsu Diraca. W tym celu naciskamy POS. Tutaj nie ma nic do ustawiania, po prostu obserwujemy charakterystykę w czasie rzeczywistym. Parametry, takie jak wzmocnienie czy podstawę częstotliwości, musimy ustawić w innym narzędziu, na przykład w analizatorze. Tak samo wyglą-



da sprawa pomiaru szumem białym, po wciśnięciu przycisku TRIG. Tu również możemy tylko obserwować na bieżąco charakterystykę częstotliwościową.

Multimetr

Po wejściu do tego narzędzia, naszym oczom ukaże się kilka danych: wartość skuteczna napięcia (True RMS), wartość średnia napięcia (Average), wartość maksymalna i minimalna napięcia, dla sygnałów sinusoidalnych będzie to wartość amplitudy, a różnica tych wartości da nam napięcie międzyszczytowe. Ostatnią mierzoną wielkością jest częstotliwość. Pomiar odbywa się całkowicie automatycznie i nie ma tu nic do ustawiania. Po prostu podłączamy sygnał do wejścia CH1 i obserwujemy interesujące nas wielkości.

RS232 i aplikacja komputerowa

Dzięki komunikacji przez RS232 możemy obsługiwać kombajn za pomocą programu na komputerze PC. Możemy w ten sposób cieszyć się dużym ekranem oraz wygodną obsługą. W szczególności o wiele wygodniej tworzy się wtedy przebieg arbitralny. Program na komputer został napisany w C++ z wykorzystaniem Qt4 i aktualnie dostępny jest na systemy Linux i Windows. Aplikację pokazuje **fotografia 2**. Mamy do dyspozycji duże okno do prezentacji przebiegów. Po naciśnięciu myszką na ten ekran, dostajemy również informację o napięciu i czasie. Pod spodem znajdują się parametry akwizycji, czyli podstawa czasu i wzmacnienie. Pozycję w pionie i poziomie ustawiamy suwakami. Natomiast po prawej znajdują się wartości parametrów sygnału. Zanim jednak wszystkie te elementy staną się aktywne, trzeba nawiązać połączenie z kombajnem. Potrzebny jest do tego kabelek z konwerterem, na przykład MAX232 lub z wykorzystaniem portu USB i układu FTDI. Po podłączeniu do złącza P3 wchodzimy w ustawienia i wybieramy żadaną prędkość transmisji. Następnie wpisujemy, z którego portu będziemy korzystać. Dla systemów Linux będzie to na przykład `/dev/tty/S0` w przypadku sprzętowego portu, lub `/dev/tty/USB0` przy emulacji za pomocą USB. Dla Windows będzie to odpowiednio COM1 lub inny. Na koniec naciskamy przycisk „open port” w pro-

gramie komputerowym, a następnie uruchamiamy „RS232->PC” w urządzeniu, kolejność nie ma znaczenia. Pamiętaj też o wybraniu odpowiedniej prędkości w ustawieniach kombajnu. W tym momencie program jest gotowy do pracy. Obsługa jest intuicyjna. Myślę, że nie muszę jej opisywać. Co do prędkości komunikacji, to udało mi się uzyskać 1,5Mb/s na FT232RL, choć zaczynał już gubić dane. Według dokumentacji układ ten może pracować do 1Mb/s, stąd to ograniczenie. Myślę, że gdyby zastosować szybszy konwerter, dałoby się zwiększyć prędkość nawet do 4Mb/s.

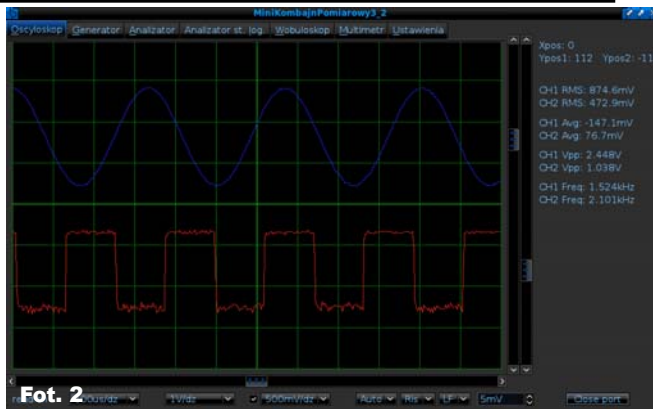
Mam nadzieję, że ten dość krótki opis Minikombajnu Pomiarowego zachęci do budowy i uruchomienia urządzenia. Dokumentację i oprogramowanie znajdziesz w Elporcie.

W razie wątpliwości można pisać na mój adres mailowy bądź na forum Elportu. W przypadku zainteresowania, w kolejnym artykule mogę opisać metodykę projektowania takiego urządzenia. Czyli na co należy zwracać szcze-

gólną uwagę, które elementy są krytyczne oraz jak liczyć błędy zarówno te analogowe, jak i cyfrowe. Jeżeli chcesz nie tylko zbudować ten kombajn, ale zaprojektować podobne urządzenie, takie wskazówki byłyby bardzo przydatne. Mniej zorientowanych zachęcam także do zapoznania się z podstawami cyfrowego (i nie tylko) przetwarzania sygnałów. Nie bez powodu kilkakrotnie odsyłałem Cię, drogi Czytelniku, do poniższej literatury. Z pewnością wiele kwestii będzie tam lepiej przedstawionych, niż gdybym sam chciał wytłumaczyć to w jednym artykule.

Arkadiusz Hudzikowski
hudzikowski@gmail.com

Literatura:
Richard G. Lyons „Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów”
Steven W. Smith „Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Praktyczny poradnik dla inżynierów i naukowców”
Tomasz P. Zieliński „Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań”



Fot. 2



Wykaz elementów

Rezystory:

R1	330Ω smd
R2,R8	820kΩ 1%
R3,R9	150kΩ smd
R4,R7	220Ω 1% smd
R5,R10	30kΩ 1% smd
R6,R11,R26	1,1kΩ 1% smd
R12,R13	330Ω 1% smd
R14,R15,R16,R17,R18,R19,R20,R21,R27	1kΩ smd
R22,R24	49,9Ω 1% smd
R23	4,99kΩ 1% smd
R25	3,3kΩ 1% smd

Kondensatory:

C1,C2,C5,C6	100u 16V elektrolityczny
C3,C4,C7,C8,C9,C10,C11,C12,C13,C14,C15	100n smd
C16,C18,C24	330p smd
C17,C19	1,8n smd
C20,C21,C22	100n smd
C23	2,2n smd
C25	4,7n smd
C26,C27	22p smd

Półprzewodniki:

D1,D2,D3	3.6V Zerera
----------	-------------

D4,D5,D6,D7,D8	Dioda prostownicza smd
L1,L2	47uH smd
U1	LCD132x64 SPLC501C
U2	1117ADJ SOT223
U3	ATXmega32A4 TQFP44
U4,U5	AD8532ARZ SO-8

Pozostałe:

L3	100uH smd
L4	10uH smd
P1	2x goldpin 1x2M
P2	goldpin 1x8Z
P6	goldpin 1x8M
P3	goldpin 1x3M kątowne
P4	goldpin 2x3M kątowne
P5	goldpin 2x5M kątowne
P8,P9,P10	goldpin 1x1Z
P7,P11,P12	goldpin 1x1M
S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S9,S10	mikroprzełącznik
S11	przełącznik suwakowy ESP2010
X1	kwarc 8MHz
Z1,Z2,Z3	gniazdo BNC do PCB kątowne
U1-złącze płytka	goldpin 2x9Z
U1-złącze lcd	goldpin 2x9M

Komplet podzespołów z płytka jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2999.