



# Minikombajn pomiarowy – suplement część 1

W zawiązku z zainteresowaniem, jakie wzbudził opublikowany w EdW 1/2012 projekt *Minikombajn pomiarowy*, zostałem poproszony przez Redakcję EdW, żeby udzielić dodatkowych informacji na temat montażu i obsługi urządzenia. Przypominam, że chodzi o przyrząd, który łączy właściwości prostego oscyloskopu, generatora, analizatora widma, multimetru i nie tylko...

W międzyczasie projekt zyskał dodatkowe funkcje, znacznie uszczupliła się również lista niedociągnięć i drobnych błędów. Można powiedzieć, że opis sprzed roku jest już częściowo nieaktualny. Dlatego też zapraszam do lektury poniższego artykułu, gdzie postaram się przedstawić wszystko po kolei. Jeszcze raz, tym razem bardziej szczegółowo,

przedstawię montaż elementów, a później obsługę minikombajnu, popartą przykładami pomiarów.

Kompletny wcześniejszy artykuł można znaleźć w Elportalu, wśród materiałów dodatkowych do niniejszego numeru EdW.

## Montaż i uruchomienie urządzenia

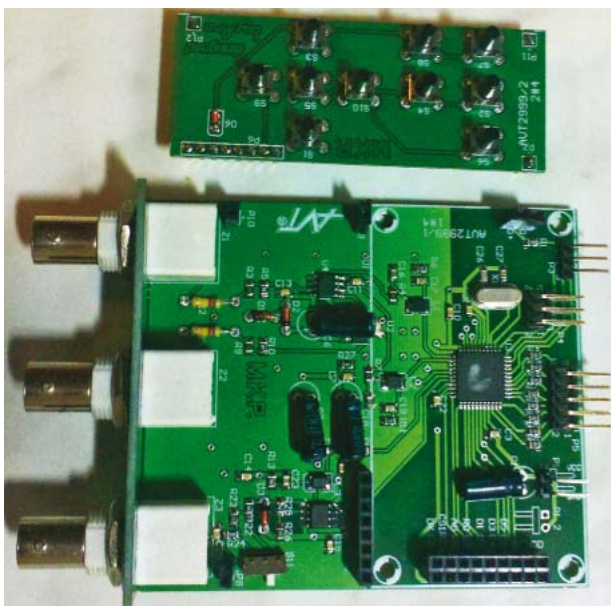
Montaż przeprowadzamy w standardowy sposób, zaczynając od elementów najniższych. Kondensatory i cewkę na dolnej stronie płytki lutujemy dopiero po umieszczeniu wszystkich elementów SMD na stronie górnej. Nie jest to oczywiście reguła, ale znacznie poprawia komfort w trakcie montażu, jeśli nie używamy uchwytu do płytki. Z racji tego, że urządzenie jest w sumie proste, całość prac nie powinna sprawić żadnych problemów. Mimo to podaję kilka, mam nadzieję, pomocnych informacji.

Podczas montażu szczególną uwagę należy zwrócić na wartości elementów w filtrach antyaliasingowych i dzielnikach. Dla oscyloskopu są to: R2...R11, C16...C19, L1, L2, natomiast dla generatora: R12, R13, R22...R26, C23...C25 oraz L3. Inna wartość elementów w dzielnikach oznacza nieprawidłowe wartości napięć. W przypadku filtrów sprawa wygląda jeszcze gorzej, gdyż zniekształceniu ulega charakterystyka częstotliwościowa i faza filtra. Wpływa to na

amplitudę, a także na kształt przebiegu, jeśli nie jest on falą sinusoidalną. Kolejną ważną rzeczą jest poprawne wlutowanie diod, zgodnie z ich polaryzacją. Warto dla pewności posłużyć się schematem.

Kiedy uporamy się już z polutowaniem elementów SMD, nadejdzie czas na części o większych gabarytach. Wprawdzie nie występują tu żadne trudności, jednak przed przylutowaniem kondensatorów 100uF warto zwrócić uwagę na to, czy nie będą za wysokie. Może się okazać, że będą kolidowały z płytką przycisków. W takim wypadku kondensatory powinny zostać wlutowane na leżąco, co widać też na **fotografii 1**. Aby w miarę prosto przylutować pojedyncze goldpiny łączące płytkę przycisków z płytką główną, najlepiej od razu je ze sobą połączyć, tak jak to ma być na gotowo i dopiero wtedy lutować. W podobny sposób można postąpić z wyświetlaczem. Kolejnym krokiem, zanim wszystko zostanie skręcone, jest uruchomienie mikrokontrolera i sprawdzenie obwodów analogowych. Do programowania służy 6-pinowe złącze wyprowadzone na płytce. Opis wszystkich wyprowadzeń w minikombajnie przedstawia **fotografia 2**. Mikrokontrolery XMEGA, w przeciwieństwie do starszych AVR-ów, korzystają z interfejsu PDI. W związku z tym należy zaopatrzyć się w jeden z nowszych programatorów, na przykład: AVR ONE, AVRISP MKII (AVRISP2), STK600, AVR Dragon. Do wgrania programu lepiej wykorzystać AVR Studio, gdyż nie występują problemy z kodem powyżej 32KB. Przypominam, że zastosowany mikrokontroler ma 32KB przestrzeni na program oraz dodatkowe 4KB na bootloader. W minikombajnie Pomiarowym nie ma bootloadera,

Fot. 1





Fot. 2

a dodatkowa pamięć przeznaczona jest na główny program. Po zaprogramowaniu i ponownym uruchomieniu prawidłowo zmontowanego modelu powinniśmy ujrzeć menu główne na wyświetlaczu. Jeśli tak się nie stało, to trzeba sprawdzić dokładnie połączenia i napięcie zasilające. Napięcie zasilania nie powinno być niższe niż 3V, gdyż kontrast wyświetlacza staje się bardzo słaby. Można też wykonać prosty test, który pozwala określić, czy program w ogóle jest wykonywany. Naciskamy przycisk „EXIT”. Po każdym naciśnięciu podświetlenie wyświetlacza powinno na przemian zaświecać się i gasnąć. Gdy tak się dzieje, to możemy jednoznacznie stwierdzić problem z wyświetlaczem bądź jego połączeniem. W przeciwnym wypadku trzeba wgrać na nowo program i sprawdzić, czy na nóżce RESET/PDI\_CLK jest stan wysoki. Jeśli wciąż nie będzie efektów, to należy wyjąć wyświetlacz i bezpośrednio sprawdzić, czy po naciśnięciu przycisku „EXIT” zmienia się stan na nóżce PE1, odpowiedzialnej za podświetlenie. Należy też dokładnie sprawdzić wszystkie wprowadzenia mikrokontrolera, czy aby na pewno nie ma nigdzie zwarcia.

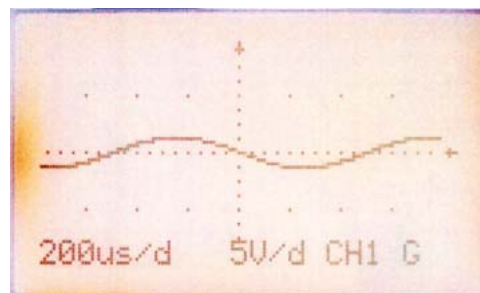
Zakładając, że wszystko działa jak należy, możemy połączyć wyjście generatora z wejściem oscyloskopu, a następnie w menu wybrać „Generator”, nacisnąć przycisk „OK” i potem jeszcze raz „OK”. Jeżeli nic nie było wcześniej ustawiane, to zostanie wygenerowany przebieg sinusoidalny o częstotliwości 1kHz. Po tym zabiegu wracamy do menu przyciskiem

„EXIT” i wybieramy „Oscyloskop”. Obserwujemy przebieg na ekranie. Powinien być zbliżony do tego na **fotografii 3** (przebiegi w artykule są przedstawione w negatywie, na ekranie mamy jasny przebieg na ciemnym tle). Należy zwrócić uwagę na ustawienia 5V/działkę i 200us/działkę.

Jeśli efekt jest inny niż na zdjęciu, to przechodzimy do kolejnych testów. Na początek bierzemy pod lupę tor wejściowy. Pozostajemy w trybie oscyloskopu, odłączamy generator i ustawiamy coraz większe wzmocnienie, aż do uzyskania 50mV/działkę. W międzyczasie obserwujemy przebieg na ekranie wyświetlacza. W miarę zwiększania wzmocnienia powinien on zmieniać położenie i wzbogacać się o coraz większe szumy. Tym sposobem sprawdzony został przetwornik ADC, a przy okazji także część toru analogowego. Jeśli dla wzmocnienia 5V/działkę nic się nie pojawiło na ekranie, to naciskamy „POS” i przesuwamy wykres w pionie w celu znalezienia przebiegu. Jeśli będzie gdzieś na końcu zakresu, to należy sprawdzić napięcie referencyjne na nóżce PA7 i napięcia na PA5 i PA6. Wszystkie te napięcia powinny wynosić 0V względem masy (1,2V względem ujemnej szyny zasilania – VSS). Gdy jest inaczej, przyczyną mogą być złe luty w torze wejściowym bądź nieprawidłowe umieszczenie wzmacniacza operacyjnego. Jeśli napięcia są prawidłowe, to możemy jeszcze przejść do ustawień, następnie kalibracji i wcisnąć „OK”. Zostanie wykonana automatyczna kalibracja offsetu toru wejściowego. Kolejnym zabiegiem jest doprowadzenie napięcia do wejścia oscyloskopu. Może to być napięcie zasilające układ. Wtedy przy ustawieniu 5V/działkę przebieg przemieści się o około połowy działki. To samo wykonujemy dla drugiego kanału. Włączamy go przez jednoczesne wciśnięcie „SCALE” i „OK”. Na dolnym pasku ekranu napis zmieni się na „CH2”. Jeśli nic się nie przesuwają, to błąd leży gdzieś w torze analogowym. No cóż, pozostaje tylko dokładna analiza poprawności montażu, lutów i wartości elementów...

Usterki wynikają głównie z błędów i pomyłek podczas montażu, bardzo rzadko jakiś element okazuje się niesprawny. Zazwyczaj, gdy układ jest elektrycznie bez zarzutu i udało się go zaprogramować, to od razu powinien pracować poprawnie.

Gdy już stwierdzimy lub sprawimy, że wszystko działa jak należy, przechodzimy do uruchomienia toru wyjściowego. Wchodzimy w tryb generatora i wybieramy na przykład przebieg sinusoidalny o częstotliwości 1kHz. Do testów jest



Fot. 3

to najlepszy wybór. Następnie łączymy wyjście BNC z oscyloskopem (może być ten w minikombajnie, wtedy mamy taki sam obwód, jak przy pierwszym sprawdzeniu). Dalsze kroki przedstawiam na przykładzie wykorzystania oscyloskopu w minikombajnie. Na ekranie oscyloskopu powinien pojawić się w końcu długo oczekiwany przebieg z **fotografii 3**. Jeśli nic nie ma, to badamy kolejne części toru, cofając się w stronę wyjścia przetwornika DAC na pinie PB2. Umożliwi to szybką lokalizację usterki. Jeżeli okaże się, że nawet na wyjściu PB2 nic nie ma, to próbujemy jeszcze raz wygenerować przebieg. Może być dla odmiany na przykład prostokąt o częstotliwości 2kHz. Upewniamy się też, czy generator na pewno jest włączony, po naciśnięciu „CURSOR” widoczny jest rodzaj przebiegu. Nie może to być „none (off)”.

Ostatnim etapem jest przykręcenie płytek obudowujących wyświetlacz, klawiaturę i złącza BNC. Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby wykorzystać gotową bądź własną obudowę, nadając urządzeniu profesjonalny wygląd. W tym miejscu pragnę od razu poinformować, że lepszy wygląd nie idzie w parze z lepszymi parametrami. Niestety, to tak nie działa ☺

### Program komputerowy

Korzystając z RS-232, można użyć komputera do obsługi minikombajny. Zwracam uwagę, że z **urządzenia wyprowadzony jest sam UART, co oznacza konieczność zastosowania konwertera napięć**, na przykład popularnego max232, aby zachować zgodność ze standardem RS-232. Nie da się ukryć, że ten interfejs jest już przestarzały, toteż do komunikacji z komputerem lepiej wykorzystać USB. W takim przypadku wystarczy układ FT232 lub jego zamiennik. Wiele osób pytało, dlaczego nie ma od razu wyprowadzonego portu USB. W końcu wystarczyło dołożyć FT232 na płytkę albo od razu użyć mikrokontrolera z wbudowanym kontrolerem USB. Dla pierwszego przypadku powód jest następujący – dodatkowe koszty. Nie każdy będzie korzystał z USB. Dla drugiego przypadku – brak możliwości dodania separacji

galwanicznej (przynajmniej w rozsądnej cenie). UART pozwala na realizację tego za pomocą zwykłych transoptorów.

Program zbudowany jest na zasadzie zakładki. Tak samo jak w urządzeniu, wybieramy narzędzie pomiarowe, które nas interesuje. Podczas pierwszego uruchomienia najbardziej interesującą zakładką powinny być *ustawienia*. Tam wybieramy port i prędkość transmisji RS-232. Odpowiednią prędkość należy wybrać też w minikombajnie. Można tego dokonać w ustawieniach.

Program nie oferuje jeszcze pełnej funkcjonalności urządzenia. Brak jest wobuloskopu. Za to pozostałe narzędzia posiadają szerokie możliwości i są wygodniejsze w obsłudze. Nie ma też wprowadzić osobnego multimetru, ale wszystkie wielkości mierzone są w zakładce oscyloskopu. Generator umożliwi łatwe rysowanie przebiegu arbitralnego i dodatkowo możliwość wygenerowania go za pomocą własnego wzoru matematycznego, np.:  $2e^{(x/64)} - (x/8)^2$ .

Opiszę teraz szerzej, jak wprowadzać takie własne funkcje. Będzie tu trochę matematyki, więc jeżeli nie jesteś zainteresowany wprowadzaniem własnych funkcji, możesz pominąć tę część. Aby wprowadzić jakiś wzór, wybieramy opcję *function* w typach przebiegu. Po prawej stronie uaktywni się pole, gdzie można wpisać własną funkcję. Zmienną w tej funkcji jest czas z przedziału jednego okresu. Można ją zapisać jako „x” i wybrać przedział wartości w okresie. Druga możliwość to zapis jako „wt”, co odpowiada  $\omega t$ . Pulsacja  $\omega$  to oczywiście  $2\pi f$ , gdzie f to częstotliwość wybrana w okienku na dole po lewej. Uzyskujemy wtedy przedział  $(0, 2\pi)$  dla jednego okresu przebiegu. Przykładowo, aby wygenerować sinusoidę o częstotliwości 1kHz, należy ustawić w programie 1000Hz, wpisać w okienku po prawej „sin(wt)” i nacisnąć przycisk *generate* lub po prostu wcisnąć Enter. Na górze pojawi się wprowadzony wzór zapisany w bardziej przejrzystej formie:  $\sin(\omega t)$ . Interpreter funkcji pozwala również na operacje na liczbach zespolonych. Możemy zatem wpisać w okienko „e^(jwt)” i wy-

generowana zostanie taka sama sinusoida. Nad wprowadzoną funkcją wyświetli się  $e^{j\omega t}$ . Składnia wprowadzanych funkcji jest dosyć elastyczna. Przy zmiennych i funkcjach nie trzeba używać znaku mnożenia, a więc zamiast pisać „2\*x”, można po prostu „2x”. To samo dotyczy podnoszenia zmiennej x do potęgi. Zamiast „x^2” wystarczy x2. Wzór

$$2x^4 + \frac{1}{3}x^3 - x^2 + 0.2x - 5$$

można zapisać jako „2x4 + 1/3x3 - x2 + 0.2x - 5”. Spacje we wzorze nie mają znaczenia, za to poprawiają przejrzystość. Wartość napięcia wyjściowego odpowiada ustawieniu w okienku amplitudy pomnożonej przez wartość funkcji. Dla przykładu, domyślne ustawienie amplitudy 1250mV i wpisanie w okienku funkcji „1/2” wygeneruje na wyjściu minikombajny stałe napięcie o wartości 625mV. Dodatni przebieg piłokształtny możemy uzyskać, wpisując „x” i wybrać przedział (0,1). Inna możliwość to wpisanie w oknie „wt/(2p)”, co odpowiada

$$\frac{2\pi ft}{2\pi} = ft \quad \text{dla} \quad t \in (0, \frac{1}{f})$$

Wartość funkcji rośnie od zera do

$$f \frac{1}{f}$$

czyli do 1. Znak „p” oznacza  $\pi$ . Spis wszystkich skrótów i funkcji można znaleźć w pomocy programu.

## Kalibracja urządzenia

Po uruchomieniu należy jeszcze skalibrować tor wejściowy i wyjściowy. Odbywa się to całkowicie programowo. W tym celu wchodzimy w *Ustawienia* -> *Kalibracja*. Zwieramy do masy oba wejścia oscyloskopu (w żadnym wypadku do ujemnego napięcia zasilania!). Naciskamy przycisk „OK” i czekamy, aż pojawi się napis „kal ok”. To wszystko, właśnie został skalibrowany offset przetwornika ADC.

Kolejnym krokiem jest kalibracja prze-

twornika DAC. W pierwszej kolejności uruchamiamy generator i ustawiamy wzmocnienie na 0mV. Nastaw dokonujemy przyciskami <, > oraz ^, v. Upewniamy się, że składowa stała również jest ustawiona na 0. Wystarczy nacisnąć przycisk „POS” i sprawdzić, czy widnieje napis „DC= 0”. W przeciwnym wypadku przyciskami ^ i v zerujemy składową stałą. Ponownie wchodzimy do ustawień kalibracji. Tam również przyciskami ^ i v korygujemy offset. W międzyczasie sprawdzamy, czy napięcie na wyjściu jest zerowe. Można do tego wykorzystać multimetr w minikombajnie, ale zdecydowanie wygodniejszy będzie zewnętrzny woltomierz. Ostatnie ustawienie wymaga wygenerowania jakiegoś przebiegu. W generatorze ustawiamy przebieg sinusoidalny o częstotliwości 50Hz i amplitudzie 1V. Z powrotem idziemy do ustawień kalibracji, gdzie tym razem wykorzystujemy przyciski < i >. Teraz potrzebny jest miernik ustawiony na pomiar napięcia AC. Lepszy będzie oczywiście taki z pomiarem RMS. Tu również można wykorzystać multimetr w urządzeniu, lecz tak samo będzie to okupione ciągłym przelączaniem się pomiędzy trybami. Korekcję wzmocnienia ustawiamy tak, aby miernik wskazywał 0,707V. W moim egzemplarzu nie udało się uzyskać dokładnie takiej wartości, ale odchyłka poniżej 1% i tak jest dobrym wynikiem. To samo dotyczy offsetu, który dodatkowo zależy od korekcji wzmocnienia i nie zawsze da się go całkowicie wyzerować. To samo dzieje się

też w drugą stronę. Korekcja offsetu wpływa w niewielkim stopniu na wzmocnienie. Cóż, te mikrokontrolery już tak mają.

W drugiej części artykułu opisana będzie szczegółowo obsługa urządzenia i przykładowe pomiary.

**Arkadiusz Hudzikowski**  
hudzikowski@gmail.com



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

R E K L A M A

## Miniaturowy wzmacniacz mikrofonowy AVT1721

Uniwersalny wzmacniacz mikrofonowy przeznaczony do współpracy z popularnymi, dwukońcówkowymi mikrofonami elektretowymi. Wzmacniacz powinien być zasilany stabilizowanym, dobrze odfiltrowanym napięciem stałym z zakresu 6...16V. Pobór prądu nie przekracza 5mA.

www.sklep.avt.pl