

Eksperymentalny Bezprzewodowy oscylloskop na systemie Android

część 2

kit
3050
AVT

W pierwszej części opisany był układ elektroniczny oraz zasada działania eksperymentalnego oscylloskopu.

Software

Aplikacja **ARMscope1.4.apk**, stanowiąca interfejs użytkownika, może być instalowana w urządzeniach wyposażonych w moduł Bluetooth i pracujących pod systemem operacyjnym Android w wersji 2.1 lub wyższej. Zarówno aplikacja **ARMscope**, jak i program mikroprocesora zostały udostępnione w Elportalu, wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW.

Opis interfejsu użytkownika. Na rysunku 6 zaprezentowano wygląd aplikacji podczas pracy. Po lewej stronie znajdują się przełączniki oraz pola wyboru i wprowadzania liczb. Pierwsze od góry pole wyboru służy do wybrania podstawy czasu w przedziale od 1us do 50ms, według spotykanego w oscylloskopach standardowego schematu 1-2-5. Kolejne pole opiera się na tej samej zasadzie i umożliwia wybór wzmocnienia osi Y w zakresie od 10mV do 5V. Wciśnięcie środkowego przełącznika powoduje odczytanie ustawionych parametrów i wysłanie ich do mikroprocesora z zadanym rozpoczęciem próbkowania. Napis na przycisku zmienia się ze **Start** na **Zatrzymaj** oraz pojawiają się znaczniki symbolizujące poziom masy, granicznych war-

tości napięcia oraz ustawionego poziomu wyzwolenia. Wciśnięcie **Zatrzymaj** powoduje zamrożenie przebiegu i zatrzymanie transmisji, jeśli w ustawieniach wybrano transmisję z potwierdzeniem. Przycisk czwarty powoduje zmianę aktywnego zbrocza dla wyzwolenia. Napis na przycisku zmienia się na **Rosnące** lub **Opadające**. Leżące na miejscu przedostatnim pole wprowadzania danych liczbowych służy do podania, przy jakim napięciu w miliwoltach ma zachodzić warunek wyzwolenia. Przycisk ostatni (niewidoczny na rysunku) decyduje o trybie pracy bloku wyzwolenia. Możliwe są dwa tryby: automatyczny i pojedynczy. Stronę prawą wyświetlacza zajmuje pole, na którym wyświetlany jest mierzony przebieg. Po lewej stronie pola wyświetlającego wypisywane są wartości parametrów sygnału wejściowego tj. napięcie maksymalne, minimalne, okres i częstotliwość. Poniżej parametrów, w postaci poziomych krótkich kresek, zaznaczono punkty graniczne zakresu napięciowego oraz poziom masy. Po stronie prawej, w postaci podobnej kreski, wskazywana jest aktualna wartość poziomu wyzwolenia.

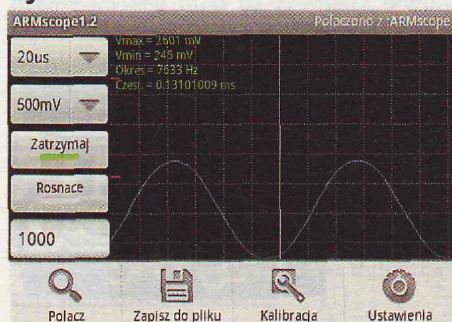
Po wciśnięciu standardowego dla urządzeń z systemem Android przycisku **Menu**, pojawia się więcej opcji wyboru. Mamy do dyspozycji cztery przyciski. Pierwszy o nazwie **Połącz** powoduje otwarcie okna z dostępnymi urządzeniami

Bluetooth, którego zrzut widoczny jest na rysunku 7. W górnej części wyświetlone są urządzenia sparowane, czyli zapamiętane i zaufane, jednak niekoniecznie znajdujące się w zasięgu pracy. Natomiast w części dolnej, po wciśnięciu przycisku **Szukaj**, następuje wyświetlenie nowo wykrytych urządzeń, znajdujących się w zasięgu pracy urządzenia.

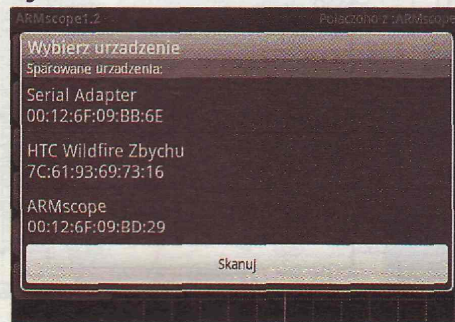
Drugi przycisk służy do wykonania zrzutu przebiegu do pliku .png i zapisania go na karcie SD w folderze /ARMscope. Wyświetlane jest powiadomienie o nazwie pliku, w którym zawarte są data wykonania oraz nastawy. Trzeci przycisk odpowiada za uruchomienie procedury kalibracji dla aktualnie ustawionego wzmocnienia. Czwarty przycisk otwiera okno ustawiania preferencji opisanych poniżej.

Opis okna preferencji. Ustawienia zapisywane są w pamięci podręcznej aplikacji, dzięki czemu nie są kasowane po opuszczeniu aplikacji. Dostęp do nich następuje przez wybranie przycisku z menu podręcznego z napisem **Ustawienia**. Wyświetlone zostaje wtedy okno widoczne na rysunku 8. Pierwsze dwa pola wprowadzania liczb służą do określenia długości rekordu akwizycji, oddzielnie dla trybu automatycznego i pojedynczego. Kolejne pole wprowadzania danych liczbowych służy do określenia długości opóźnienia w milisekundach pomiędzy pakietami danych lub do przełączenia

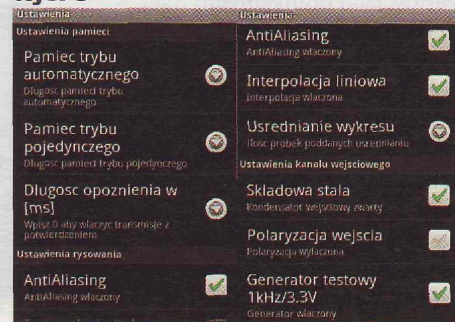
Rys. 6

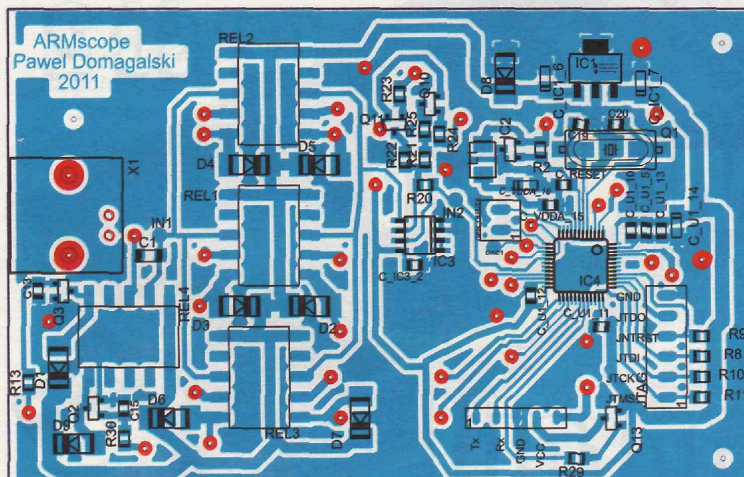


Rys. 7



Rys. 8





Rys. 9

w tryb transmisji z potwierdzeniem. Kolejne parametry dotyczą ustawień rysowania. Dwa elementy typu checkbox umożliwiają użytkownikowi włączenie lub wyłączenie antyaliasingu rysowania i interpolacji liniowej. W sekcji tej można włączyć uśrednianie wykresu poprzez wpisanie liczby próbek, które mają zostać poddane uśrednieniu. Ostatnia sekcja dotyczy kanału wejściowego. Składa się z trzech pól typu checkbox które pozwalają na włączenie lub wyłączenie składowej stałej, polaryzacji masy wejściowej oraz generatora przebiegu prostokątnego służącego do testowania obwodu wejściowego.

Konfiguracja i algorytm pracy. Po uruchomieniu aplikacji sprawdzany jest stan modułu Bluetooth. Jeśli jest on wyłączony, wyświetlany jest monit z prośbą o włączenie. W przypadku braku zgody aplikacja jest zamykana. Następnie należy wybrać podstawę czasu i koniecznie wzmocnienie. Jeśli nie jest znana amplituda sygnału wejściowego, najbezpieczniej ustawić maksymalną wartość, aby mieć pewność, iż nie zostaną uszkodzone obwody wejściowe. Dobrze jest również wpisać wartość poziomu wyzwolenia, co wpłynie na stabilność wyświetlanego przebiegu i umożliwi automatyczny pomiar okresu przebiegu, ponieważ w celu przyspieszenia działania programu pomiar parametrów odbywa się w bloku triggera. Pozostałe parametry mogą pozostać przy wartościach domyślnych.

Po wciśnięciu przycisku **Start** następuje przesłanie ustawionych parametrów do urządzenia próbkującego, a w odpowiedzi cyklicznie będą odsyłane dane zawierające spróbkowany sygnał wejściowy. Ważną informacją jest fakt, że podczas pracy oscyloskopu zmiana parametrów bez wciskania przycisku **Start**

wpływa jedynie na wyświetlany przebieg. Parametry nie są przesyłane do urządzenia próbkującego. Dzięki takiej budowie można ustawić dużą szybkość próbkowania i jednocześnie oglądać przebieg przy dużych podstawach czasu, o ile długość rekordu akwizycji będzie wystarczająco duża. Jeśli po wciśnięciu przycisku **Start** komunikacja nie zostanie nawiązana, należy ponowić próbę kilkakrotnie w celu zsynchronizowania ramki transmisji.

Stan połączenia sygnalizowany jest na urządzeniu dwiema diodami LED. Mrużenie pierwszej diody informuje o braku połączenia, natomiast świecenie ciągle o udanym zestawieniu połączenia. Druga dioda świeci tylko w momentach przesyłania danych.

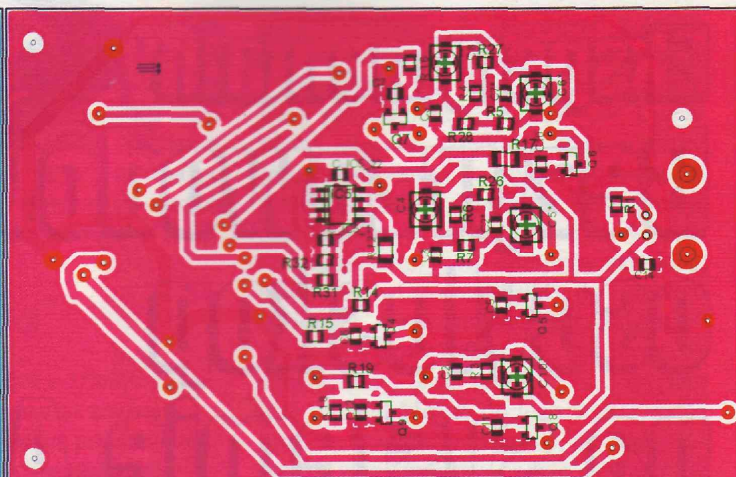
Montaż i uruchomienie

Z uwagi na fakt, iż projektowane urządzenie według założeń miało być mobilne, zdecydowałem się na technologię SMT. Rozmiary urządzenia udało się zmniejszyć również dzięki zaprojektowaniu płytki dwustronnej, której dwie strony pokazane są na **rysunku 9**. Elementy wchodzące w skład wejściowych dzielników napięciowych umieszczone zostały na spodniej stronie (bottom), aby możliwie maksymalnie skrócić długość połączeń od gniazda wejściowego do wejścia wzmacniacza. Wpłynęło to również na zmniejszenie

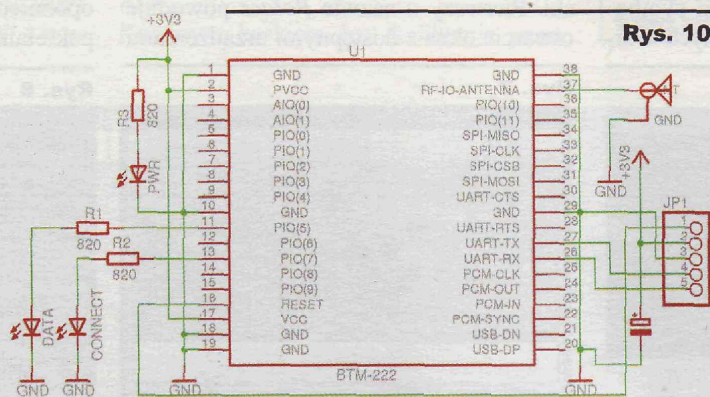
wpływu ewentualnych zakłóceń generowanych przez część cyfrową mikroprocesora.

Dobrym krokiem okazało się oddzielenie modułu komunikacyjnego Bluetooth na osobnej płytce. Schemat modułu pokazany jest na **rysunku 10**, a płytką główną odbywa się za pomocą listwy goldpinów. Pozwoliło to na zmniejszenie wymiarów płytki głównej i ułatwiło ewentualne szukanie usterek i naprawy, ponieważ moduł może zostać szybko wypięty i wymieniony.

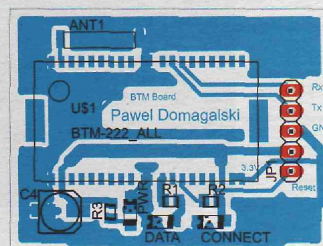
Montaż rozpoczynamy typowo. Płytką modelowa była realizowana w warunkach domowych, bez metalizacji otworów, dlatego we wszystkie przelotki wlutowane są kawałki drutu. UWAGA! Dziury wiercimy tylko pod przelotki i gniazdo BNC. Wszystkie goldpiny lutujemy powierzchniowo. Zaczynamy od lutowania najmniejszych elementów, takich jak rezystory, kondensatory, tranzystory, mikroprocesor i diody, a kończymy na przekaźnikach, gniazdach i listwach goldpinów. Na uwagę zasługuje montaż trymerów i przekaźników. Montując trymery w bloku dzielników napięcia, byłem zmuszony zastosować trymery przewlekane o małej pojemności, ponieważ tylko takie były dostępne na rynku w rozsądnej cenie. Zamontowałem je jednak powierzchniowo, przycinając nieco ich końcówki. Podobnie sytuacja wygląda w przypadkach przekaźników, które produkowane są w obudowach przeznaczonych do



Rys. 10



Rys. 11



Podstawa czasu	1us – 50ms na działkę
Wzmocnienie osi Y	10mV – 5V na działkę
Zakres napięcia wejściowego	0...33V lub -16,5... +16,5V
Próbkowanie	555 Sps - 2 Msps
Ilość bitów danych	8 bitów
Długość rekordu akwizycji	4000 próbek
Zasięg	100 metrów
Min. napięcie 1LSB	2,59 mV
Wymiary z bateriami	H:28 x W:75,5 x L:174 (mm)
Zasilanie	3 x AA NIM-H 1.2 V

Tabela 3

montażu przewlekane. W tym przypadku wygiąłem ich nóżki pod kątem 90 stopni, co pozwoliło na montaż powierzchniowy. Trymery C5*, C6* oraz C10* zostały przewidziane do kompensacji pojemności wejściowej, jeśli zaszłaby taka konieczność. Standardowo ich nie montujemy. Jeśli już mamy przylutowane wszystkie elementy, pozostaje nam wyprowadzić wyjście generatora na zewnątrz obudowy z pierwszego pinu złącza GEN_OUT/TX. W obecnej wersji, drugi pin tego złącza pozostaje niewykorzystany. Zasilanie urządzenia, w postaci trzech akumulatorów Ni-MH AA 1,2V, podpinamy przez włącznik do katody diody D8 lub do pierwszej nóżki stabilizatora IC1. Na tym etapie można już zaprogramować mikroprocesor. Do tego celu służy złącze JTAG. Ze względu na oszczędność miejsca na płytce zrezygnowałem z nadmiarowych, niewykorzystanych pinów obecnych w standardzie 20-pinowym. Z tego powodu obok złącza widnieją nazwy poszczególnych pinów, co pozwala na wykonanie niezbędnej przejściówki.

Płyta modułu Bluetooth komunikuje się z płytą bazową przez listwę goldpinów, natomiast komunikacja z telefonem odbywa się poprzez 3-centymetrowy kawałek drutu, pełniący funkcję antenki. Ze względu na małą wysokość dostępnej obudowy zmuszony byłem zaprojektować płytę w ten sposób, że moduł Bluetooth oraz diody sygnalizacyjne umieszczone są od spodniej strony. Utrudnia to wyprowadzenie światła diod na zewnątrz obudowy. Poradziłem sobie z tym problemem poprzez przylutowanie diod do góry nogami i wywiercenie pod nimi dziur w laminacie. W obudowie zostały umieszczone przytopione kawałki wkładów do długopisu, które pełnią funkcję światłowodów. Diodę oznaczoną PWR, która wskazuje obecność napięcia zasilania, można pominąć. Zaoszczędzi to nam kilku miliamperów pobranych z baterii.

Wykaz elementów

Moduł Bluetooth:

R1,R2,R3	820Ω, 0805
C4	4,7u
CONNECT, DATA, PWR	zielona, 1206
U1	BTM-222
JP1	5x1, listwa goldpinów

Moduł główny:

R1	68Ω, 0805
R3	1MΩ, 0805
R4	750kΩ, 0805
R5,R7,R28,R31,R32	100kΩ, 0805
R6	680kΩ, 0805
R8-R20,R22-R24,R29,R30	10kΩ, 0805
R21	2,4kΩ, 0805
R25	100Ω, 0805
R26	220kΩ, 0805
R27	51kΩ, 0805
C1	100nF/50V, 1206
C2,C2*,C7*	15pF, 0805
C3	47pF, 0805
C4,C8	5,6-10pF
C5,C6,C7,C10,C11,C12,C13,C15, C_VDDA_15	10nF, 0805
C5*,C6*,C10*	2-5pF

C9,C19,C20	22pF, 0805
C14	4,7uF, 0805
C21	100nF, 0805
C_IC1_6,C_U1_14	4,7uF
C_IC1_7,C_VDDA_16	1uF
C_IC3_1,C_IC3_2,C_IC3_22, C_RESET	100nF, 0805
C_U1_5,C_U1_10,C_U1_11, C_U1_12,C_U1_13	100n, 0805
D1 – D9	1N4007, MELF-MLL41
IC1	MCP1825, SOT223
IC2	DS1818, SOT23
IC3,IC5	TS952, SO08
IC4	STM32F103C8, TQFP48
Q1	8MHz, HC49UP
Q2 – Q11	BC847SMD, SOT23
Q13	IRLML6402, SOT23
GEN_OUT/TX	1x2, listwa goldpinów
JBT	1x5, gniazdo goldpinów
JTAG	1x6, listwa goldpinów
X1	AMP_227161, gniazdo BNC
L1	10uH, L4532M
REL1-REL4	AZ850P

Płyta drukowana jest dostępna
w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3050

Po zmontowaniu całości należy skompensować dzielniki napięcia. W tym celu w preferencjach włączamy generator sygnału prostokątnego (o ile nie dysponujemy oddzielnym generatorem), wyłączamy polaryzację masy, włączamy składową stałą, podstawę czasu ustawiamy tak, abyśmy widzieli przynajmniej jeden okres przebiegu, np. 100us, wzmocnienie ustawiamy na 1V. Regulujemy trymerem C8 tak, aby uzyskać czysty przebieg prostokątny bez przecięcia i zaokrąglonych zboczy (patrz rysunek 4 w części pierwszej artykułu). Jeśli już uzyskamy prawidłowy przebieg, przystępujemy do kalibracji drugiego dzielnika. W tym celu przełączamy wzmocnienie na 5V i powtarzamy powyższą procedurę, regulując trymerem C4.

Na sam koniec zostaje nam uruchomienie automatycznej kalibracji. W tym celu w preferencjach wyłączamy generator. Polaryzację masy pozostawiamy wyłączoną, a składową stałą włączoną. Wejście oscyloskopu zwieramy. Następnie z menu podręcznego wybieramy przycisk *Kalibracja*. Jeśli przebieg zawierał jakiegokolwiek offset, teraz powinien zrównać się ze znacznikiem masy (GND). Procedurę należy przeprowadzić dla każdego zakresu wzmocnienia z osobna, pamiętając przy tym, aby po zmianie zakresu wcisnąć przycisk *Start/Zatrzymaj*, aby przesłać nowe nastawy do urządzenia.

Zakończenie

Projekt w obecnej chwili realizuje główną funkcjonalność oscyloskopu. Podstawowe parametry zebrane są w tabeli 3. Jest możliwość rozbudowy projektu o nowe funkcje i polepszenie parametrów. Można zastosować moduł Bluetooth, wykorzystujący niższe warstwy modelu OSI Bluetooth, dzięki czemu teoretycznie powinno udać się osiągnięcie prędkości przewidywanych przez standard. Większa prędkość komunikacji pozwoliłaby na zwiększenie liczby bitów reprezentujących jedną próbkę danych, zwiększenie długości rekordu akwizycji lub na zwiększenie szybkości odświeżania wykresu. Zamiast zwiększania prędkości transmisji, te same efekty można by było osiągnąć przez wprowadzenie kodowania strumienia danych wyjściowych modułu próbującego. Możliwe jest również zastosowanie zewnętrznego przetwornika, aby zwiększyć szybkość próbkowania i dokładność, jednak znacząco wpłynęłoby to na koszt urządzenia, naruszając główne założenia projektu.

Projekt został napisany jako praca magisterska w roku akademickim 2010/2011 na Politechnice Łódzkiej w Katedrze Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych pod przewodnictwem dr Przemysława Sękalskiego.

Paweł Domagalski
domagalski250@gmail.com

