

Oscyloskop cyfrowy, część 2

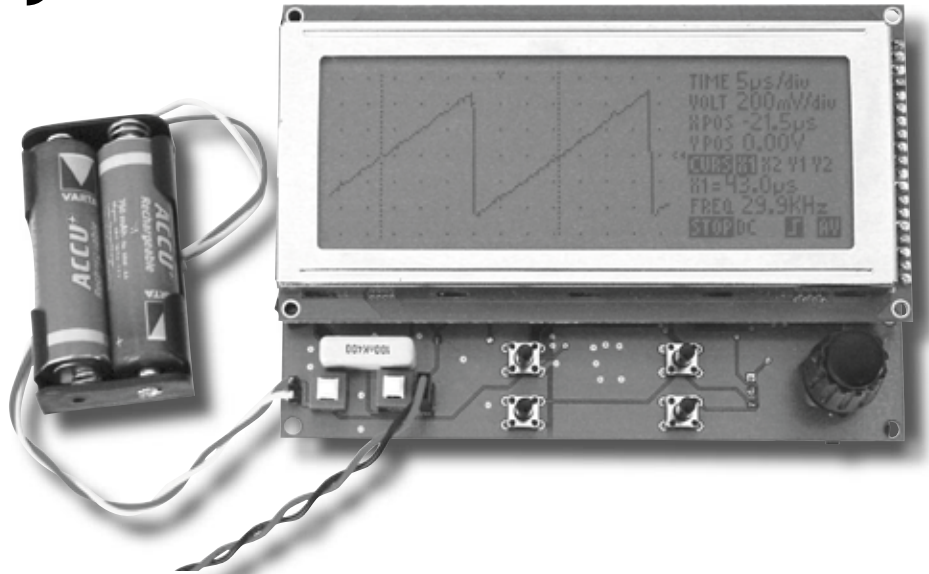
AVT-543

Ostatnio pojawia się coraz więcej różnych opracowań amatorskich oscyloskopów cyfrowych. Prezentowany przyrząd cechuje się zasilaniem bateryjnym, dużą częstotliwością próbkowania wynoszącą 40MSa/s oraz małymi wymiarami. Oscyloskop jako urządzenie wyjściowe wykorzystuje graficzny wyświetlacz LCD o rozdzielczości 192x64 piksele.

Rekomendacje:

opisywany oscyloskop cyfrowy może spełniać dwie funkcje.

Jako ciekawa konstrukcja elektroniczna sprawi niewątpliwie dużo radości tym, którzy go samodzielnie wykonają. Poza tym jest również pożytecznym przyrządem pomiarowym o bardzo przyzwrotnych parametrach i co ważne - jest mały i nie wymaga zasilania sieciowego. Oscyloskop polecamy wszystkim Czytelnikom, którzy się jeszcze nie dorobili oscyloskopu fabrycznego, lub którzy wykonują pomiary w terenie.



Opis części analogowej

Część analogowa charakteryzuje się następującymi cechami:

- czułość w zakresie od 5 mV/dz. do 20 V/dz.,
- odporność na podanie zbyt dużego napięcia na wejściu,
- pasmo przenoszenia > 10 MHz (-3 dB),
- impedancja wejściowa 1 M Ω /25 pF,
- opcjonalny filtr dolnoprzepustowy 500 kHz,
- niski pobór prądu,
- możliwość pracy stałoprądowej (DC) i z odseparowaniem składowej stałej (AC),
- zapewnienie prawidłowego poziomu napięcia dla zastosowanego przetwornika A/C z zabezpieczeniem przed przesterowaniem przetwornika,

Wśród wymienionych cech pominięta została sprawa regulacji offsetu napięcia (przesunięcia). Autor zdecydował o zastosowaniu pseudo regulacji offsetu w części cyfrowej, a nie analogowej jak to jest zwykle realizowane. Wynika to bezpośrednio z faktu, iż na ekranie widocznych jest jedynie 6 bitów przebiegu (64 piksele), natomiast przetwornik próbkuje dane z rozdzielczością 8 bitów. Powstała różnica jest wykorzystywana właśnie do przesuwania przebiegu w osi napięcia. Wyświetlacz w takim rozwiązaniu jest jak-

by „oknem” przesuwanym po całym 8-bitowym przebiegu. Regulacja jest możliwa o półtora ekranu w górę, oraz półtora w dół. Dla przykładu, na zakresie 10 V/dz., cały ekran odpowiada napięciu 64 V; jednocześnie możliwy zakres regulacji offsetu to ± 96 V.

Schemat analogowej sekcji oscyloskopu przedstawiono na **rys. 3** w pierwszej części artykułu (ta część znajduje się na płycie CD dołączonej do tego numeru EP on-off line).

Sygnał mierzony podaje się na wejście oscyloskopu za pośrednictwem złącza JP2. Przełącznik S2 służy do przełączania sposobu sprzężenia sygnału wejściowego: stałoprądowo (DC) bądź z odseparowaniem składowej stałej (AC). Za przełącznikiem S2 znajduje się drabinka rezystorów tłumika wejściowego wraz z kondensatorami kompensującymi.

Drabinka pozwala uzyskać podział napięcia wejściowego przez 10, 100 i 1000. Sygnał wyjściowy tłumika jest podany do wejścia analogowego przełącznika MAX4534 (IC5). Ten układ jest specjalizowanym przełącznikiem sygnałów z wbudowanym zabezpieczeniem przeciw przepięciowym. Na jego wejście można podać napięcie ± 40 V przy wyłączonym zasilaniu i ± 35 V przy włączonym napięciu zasilania ± 5 V bez jego uszkodzenia. Napięcia wej-

Tab. 3. Czułość stopnia wejściowego w zależności od stanów ATTX

Zakres	Podział w tłumiku	Wzmocnienie w IC3	ATT0	ATT1	ATT2	ATT3	Przełącznik RE1
5 mV/dz.	-	8	- (1)*	- (1)*	1	0	pozycja 1 (do R27)
10 mV/dz.	-	4	- (1)*	- (1)*	0	1	
20 mV/dz.	-	2	- (1)*	- (1)*	1	1	
50 mV/dz.	10	8	0	0	1	0	pozycja 2 (do IC5)
100 mV/dz.	10	4	0	0	0	1	
200 mV/dz.	10	2	0	0	1	1	
500 mV/dz.	100	8	1	0	1	0	
1 V/dz.	100	4	1	0	0	1	
2 V/dz.	100	2	1	0	1	1	
5 V/dz.	1000	8	0	1	1	0	
10 V/dz.	1000	4	0	1	0	1	
20 V/dz.	1000	2	0	1	1	1	

* nastawy nieistotne z punktu widzenia działania układu, wyjście IC5 (n.7) połączone do masy

ściowe przekraczające napięcia zasilania są wewnętrznie obniżane do poziomu napięć zasilania.

Z faktu, że napięcie podawane na ten układ jest już podzielone przez 10, wynika, że maksymalne napięcie, jakie możemy podać na wejście oscyloskopu bez uszkodzenia układu wynosi ± 350 V. Wydaje się więc, że do wejścia opisywanego oscyloskopu można przyłożyć napięcie sieciowe 230 VAC. Dlatego, iż jest to za wysokie napięcie aby je zmierzyć, maksymalny zakres pokazywany na ekranie to ± 256 V - trochę za mało. Należy jednak wziąć pod uwagę dodatkowe czynniki. Po pierwsze przełącznik S2 zastosowany w układzie może zostać uszkodzony przy takim napięciu. Dodatkowo przełącznik RE1, (o którym za chwilę nieco więcej) wg danych technicznych ma maksymalne napięcie łączeniowe na poziomie 125 VDC lub 110 VAC. Ponadto płyta drukowana (z powodu zbyt małej odległości ścieżek do płaszczyzny masy) nie jest przystosowana do tak dużych napięć wejściowych. I jeszcze jeden aspekt: zwykłe rezystory 0,6 W również nie są przystosowane do tak wysokich napięć, należałoby zastosować dwa rezystory połączone szeregowo.

Sygnal z wyjścia multiplexera IC5 oraz nie podzielone napięcie wejściowe, są podane na przełącznik bistabilny RE1. Wybrano przełącznik bistabilny (tutaj: dwucewkowy) ze względu na brak poboru mocy w stanie stabilnym, energia dostarczana jest tylko podczas przełączania styków. Taka cecha jest niezwykle wartościowa w urządzeniu, które docelowo ma być zasilane bateryjnie.

Zastosowanie przełącznika jest w tym miejscu konieczne z kilku powodów. Zwiększa on czułość oscy-

loskopu w ten sposób, że sygnał może być podany na wzmacniacz wejściowy bezpośrednio, a nie przez tłumik. Gdyby sygnał wejściowy podać bezpośrednio na jedno z wejść IC5, nie można byłoby na wejście oscyloskopu przyłożyć dużego napięcia ze względów bezpieczeństwa (przekroczenie ± 35 V). Ponadto, przy pomiarze dużych napięć konieczne jest odcięcie diod zabezpieczających D1 i D2, które powodowałyby przepływ prądu i zniekształcenie mierzonego sygnału. Przepływ prądu ograniczającego może także wywołać nadmierne straty mocy w rezystorach R27 i R3. Obciążalność tych rezystorów dobrano tak, aby bezpieczne było przyłożenie napięcia wejściowego rzędu 100 V. Napięcie takie powoduje sumaryczną moc strat w R27 i R3 ok. 1 W. Biorąc pod uwagę, że oba te rezystory mają obciążalność po 0,6 W, nie powinno dojść w takich warunkach do żadnych niekorzystnych zjawisk. Oczywiście sytuacja taka zachodzi gdy czułość oscyloskopu jest na trzech najniższych zakresach (wtedy przełącznik RE1 doprowadza sygnał bezpośrednio, z pominięciem tłumika) i nie da się w takich warunkach poprawnie zmierzyć napięcia - należy zmniejszyć czułość stosownie do przyłożonego napięcia. Tak więc sytuacja udarowa nie zaistnieje przy odpowiednim użytkowaniu oscyloskopu.

Przełącznik RE1 sterowany jest przez mikrokontroler za pośrednictwem dwóch tranzystorów Q1 i Q2. Diody D5 i D4 zabezpieczają tranzystory przed przepięciami powstającymi przy przełączaniu cewek przełącznika.

Blok złożony z układów scalonych IC3 i IC10 jest wzmacniaczem wejściowym o przełączanym

wzmocnieniu 2x, 4x i 8x. Zmiana wzmocnienia odbywa się poprzez przełączanie jednego z trzech rezystorów sprzężenia zwrotnego R29, R13 i R14 do masy, za pośrednictwem IC10.

Wzmacniacz operacyjny AD8005 (IC3) jest jednym z nowszych produktów firmy Analog Devices. Jest to wzmacniacz o sprzężeniu prądowym (ang. *current feedback*), o

ultraniskim poborze prądu (400 μ A) i znakomitych parametrach dynamicznych. Cechuje się pasmem przenoszenia (-3 dB) 170 MHz przy wzmocnieniu +2 i czasem narastania 280 V/ μ s. Parametry takie osiąga nawet przy zasilaniu pojedynczym napięciem +5 V.

Wzmacniacze operacyjne ze sprzężeniem prądowym wykazują dużo większą stałość pasma przenoszenia wzmacniacza w zależności od wzmocnienia, niż ma to miejsce w przypadku tradycyjnych wzmacniaczy o sprzężeniu napięciowym. Ich szczególną właściwością jest duży wpływ wartości rezystorów sprzężenia zwrotnego na parametry częstotliwościowe układu. Im mniejsza jest wartość tych rezystancji tym lepsze parametry wzmacniacza.

Z danych katalogowych wynika, że przy wzmocnieniu równym +10 (konfiguracja nieodwracająca) spadek -3 dB wzmocnienia występuje przy częstotliwości 50 MHz. Gdyby rezystancje sprzężenia zwrotnego zwiększyć 10-krotnie ($R_F = 4,99$ k Ω), to pasmo zmaleje do 20 MHz. W omawianym projekcie zastosowano R_F o wartości 3,6 k Ω . Uwzględniając dodatkowo fakt użycia maksymalnego wzmocnienia równego +8, wynikowe pasmo przenoszenia jest rzędu 35 MHz.

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż zwiększanie wartości rezystancji sprzężenia zwrotnego ma głównie przyczynić się do zmniejszenia poboru mocy przez wzmacniacz. Często bowiem przez te rezystory płynie większy prąd niż cały prąd zasilania wzmacniacza.

W omawianym układzie IC3 zasilany jest napięciami +3,3 V/-4,5 V. Zasilanie wzmacniacza innym napięciem niż napięcie zasilania części cyfrowej (+4,5 V) miało na celu odseparowanie zakłóceń generowa-

nych w części cyfrowej od części analogowej, a także dopasowanie maksymalnych napięć wyjściowych pojawiających się w wyniku przesterowania wejść, do napięcia zasilania bufora IC7 oraz samego przetwornika analogowo-cyfrowego IC11.

Za przełączanie rezystorów sprzężenia zwrotnego odpowiedzialny jest układ IC10 (ADG709), będący podwójnym 4-bitowym multiplekserem analogowym o niskiej rezystancji w stanie włączenia. Rezystancja ta typowo wynosi 3Ω. Układ ten może być zasilany pojedynczym napięciem +5V. Z dwóch sekcji IC10 wykorzystano jedną, wyprowadzenia drugiej podłączono do masy. Do jego sterowania służą dwie linie (na schemacie oznaczone ATT2 i ATT3).

Między wzmacniaczem wejściowym IC3, a buforem IC7, umieszczono przełączany filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 500kHz. Elementy filtru to rezystory R17, R28 oraz kondensator C48. Aktywowanie filtru osiągnięto poprzez przyłączenie kondensatora C48 do masy elektronicznym przełącznikiem IC19 (ADG701). Do sterowania filtrem służy linia oznaczona na schemacie LOWPASS. Podanie logicznej „1” powoduje zwarcie kondensatora do masy i włączenie filtru. Blok ten służy do ewentualnego odfiltrowania wysokoczęstotliwościowych zakłóceń przy obserwowaniu przebiegów o niższej częstotliwości.

Pewnego komentarza wymaga miejsce włączenia filtru. Wydaje się, że najlepszym miejscem na jego umieszczenie jest wejście analogowe przetwornika A/C. Jednakże rodzi to pewne problemy. Przetwornik AD9283 użyty w projekcie cechuje się rezystancją wejściową ok.

10kΩ. Włączenie filtru z rezystorem np. 3kΩ, spowodowałoby utworzenie dzielnika napięcia. Ponieważ rezystancja wejściowa przetwornika może się wahać w zakresie od 7kΩ do 13kΩ, więc skalibrowanie toru napięciowego oscyloskopu wymagałoby użycia elementu regulacyjnego. Jednak ze względu na możliwe zakłócenia (potencjometr musiałby zostać włączony w pętlę sprzężenia zwrotnego IC3) autor starał się tego uniknąć. Dlatego też zdecydowano o przeniesieniu tego filtru jeden stopień wcześniej, tak aby uniknąć wpływu małej rezystancji wejściowej przetwornika.

Wzmacniacz operacyjny IC7 (AD8051) nie jest tylko buforem. Pełni ważną funkcję przesuwnika poziomu napięcia do wartości akceptowanej przez przetwornik A/C AD9283. Wejścia tego przetwornika zostały bowiem fabrycznie spolaryzowane na poziomie $0,3 \cdot V_D$ (V_D – napięcie zasilania), czyli dla $V_D=3,3V$ napięcia polaryzacji wyniosły 1V. Dodatkowo, w nocie katalogowej zaznaczono, że dopuszczalny poziom napięć wspólnych wynosi 200mV.

Tak więc, ponieważ do tego miejsca w układzie sygnał wejściowy jest sygnałem bipolarnym, tzn. symetrycznym względem masy, trzeba było zastosować pewien rodzaj przesuwnika poziomu.

Przesunięcie napięcia wyjściowego IC7 o +1V osiągnięto poprzez dołączenie do wejścia nieodwracającego dzielnika złożonego z rezystorów R12 i R30, podłączonego do napięcia referencyjnego z przetwornika A/C (+1,25V). Napięcie z dzielnika (0,5V) wzmacniacz jest dodatkowo przez wzmacniacz IC7 dwa razy, zapewniając właściwy poziom napięcia dla przetwornika A/C.

Wzmacniacz operacyjny IC7 zasilany jest pojedynczym napięciem +3,3V. Zasilanie pojedynczym napięciem zabezpiecza przetwornik przed ujemnymi napięciami mogącymi pojawić się przy przesterowaniu stopni poprzedzających. Przy tym napięciu zasilania układ ten charakteryzuje się następującymi parametrami:

- pasmo przenoszenia 50 MHz (-3dB przy $V_O=0,2V_{pp}$),
- czas narastania (ang. *slew rate*) 135V/μs typ.
- prąd spoczynkowy zasilania 4,2mA
- stopień wyjściowy typu *Rail-to-Rail*,

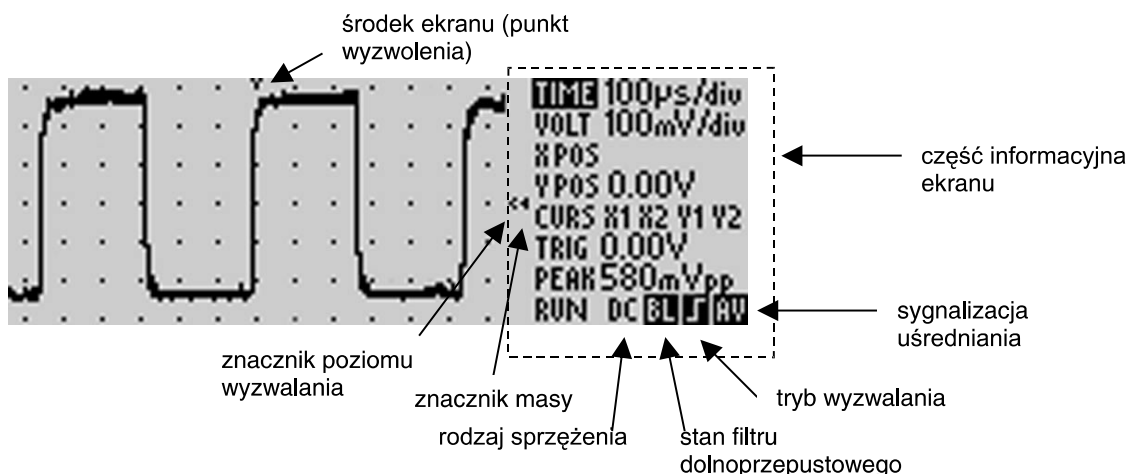
Sygnał z wyjścia IC7 podawany jest wprost na wejście przetwornika analogowo-cyfrowego IC11.

Nominalnie na jeden bit przetwornika przypadają 4mV napięcia. Zmianie 0..255 na wyjściu odpowiada zmiana na wejściu 0..1024mV. Odpowiedni dobór podziału napięcia w tłumiku oraz wzmacnieniu we wzmacniaczu wejściowym pozwala na uzyskanie całego zakresu czułości oscyloskopu od 5mV/dz. do 20V/dz. Szczegóły pokazano w **tab. 3**.

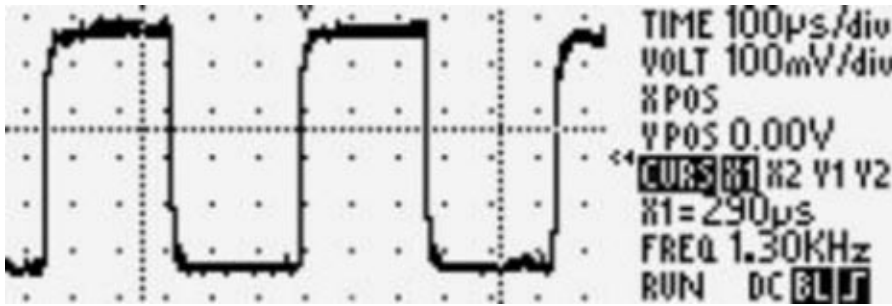
W tab. 3 zaznaczono również stany wejść sterujących tłumikiem i wzmacniaczem oraz pozycję przełącznika RE1.

Zasilanie oscyloskopu

Kwestia zasilania w przypadku omawianego układu musi być potraktowana nieco szerzej. W celu zapewnienia maksymalnej elastyczności jeśli chodzi o źródło zasilania, zastosowano przetwornicę DC/DC firmy Maxim MAX1765. Pozwala ona uzyskać stałe napięcie wyjściowe +4,5V przy napięciu wej-



Rys. 4. Widok ekranu oscyloskopu z przykładowym przebiegiem



Rys. 5. Tryb wyświetlania kursorów

ściowym w zakresie od ok. 1V do 5,5V przy dużej sprawności przetwarzania. Do wytworzenia napięcia +3,3V (zasilającego m.in. przetwornik A/C) wykorzystano stabilizator typu *Low-Drop* (IC8). Ponieważ część analogowa wymaga również ujemnego napięcia zasilania, zastosowano pompę ładunkową IC9, wytwarzającą napięcie -4,5V.

Zastosowanie przetwornicy pozwala na wykorzystanie pełnej pojemności akumulatorów, a także na zasilanie nawet z jednego ogniwa NiCd, jednak powoduje pewne negatywne skutki. Oscyloskop jest przyrządem pomiarowym o dużej czułości, część analogowa jest wrażliwa na wszelkie zakłócenia. Przetwornica impulsowa jest źródłem takich zakłóceń, zresztą podobnie jak szybkie układy cyfrowe zastosowane w układzie. Poprawne odizolowanie części analogowej od takich źródeł zakłóceń jest chyba jednym z najtrudniejszych wyzwań przy projektowaniu tego typu układów. Konstruktor może użyć różnych sposobów aby z nimi walczyć. Należą do nich: stosowanie możliwie „najcichszych” źródeł zasilania, kiedy to możliwe stosowanie oddzielnych bloków zasilających, oddzielenie części cyfrowej od analogowej, stosowanie kondensatorów blokujących i filtrów w liniach zasilania, stosowanie możliwie dużych płaszczyzn masy, ekranowanie obwodów generujących zakłócenia jak i szczególnie czułych obwodów analogowych. Metod jest wiele, nie zmienia to jednak faktu, że radzenie sobie z zakłóceniami jest pewną sztuką, często wynikającą z nabytego doświadczenia.

W omawianym zasilaczu zastosowano przetwornicę, która niejako z definicji nie jest „cicha”. MAX1765 posiada dodatkowe wyjście niskoszumne oparte na stabilizatorze *Low-Drop*. Poprawia to nieco sytuację, jednak nie do końca. W pro-

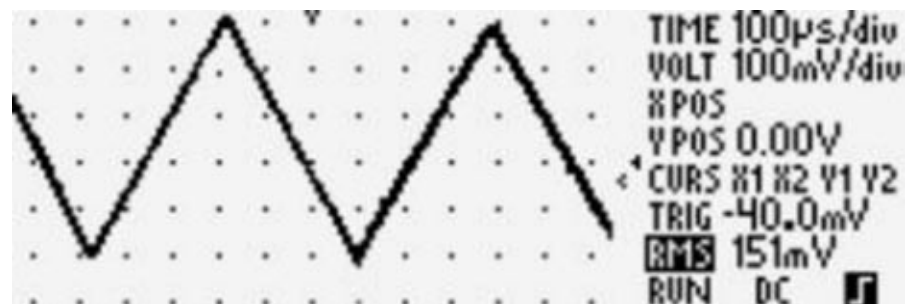
totypie wykonanym przez autora, zaobserwowano wpływ przetwornicy na część analogową oscyloskopu. W tym konkretnym przypadku należałoby zastosować ekran, osłaniający blok analogowy. Z zakłóceniami można także walczyć wykorzystując sztuczki programowe – tak jak w omawianym oscyloskopie – a mianowicie można użyć uśredniania sygnału mierzonego. Zastosowanie „nadpróbki” bardzo tutaj pomaga i krótkie impulsy zakłócające mogą mieć znikomy wpływ na prezentowany na ekranie przebieg.

Zastosowanie przetwornicy to także kwestia priorytetów: jeśli za najważniejszy cel uznamy uniwersalność zasilania i jak najdłuższy czas pracy na bateriach, to przetwornica jest jak najbardziej właściwym wyborem. Jeśli natomiast chcemy uzyskać jak najmniejszy poziom zakłóceń, to należałoby zrezygnować z przetwornicy impulsowej na rzecz zasilacza liniowego, np. przez zastosowanie zasilania z czterech akumulatorów NiCd.

Walory użytkowe i obsługa

Przykładowy widok ekranu włączonego przyrządu pokazano na **rys.4**.

Większa, lewa część ekranu przedstawia wygląd mierzonego sygnału. W tle umieszczono pomocniczą siatkę, jej punkty rozmieszczone są co 10 pikseli. Odstęp pomiędzy kolejnymi punktami siatki reprezentuje jedną działkę oscyloskopu.



Rys. 6. Obliczenie wartości skutecznej przebiegu

Część ekranu przeznaczona na wyświetlenie mierzonego sygnału ma wymiary 128x64 piksele.

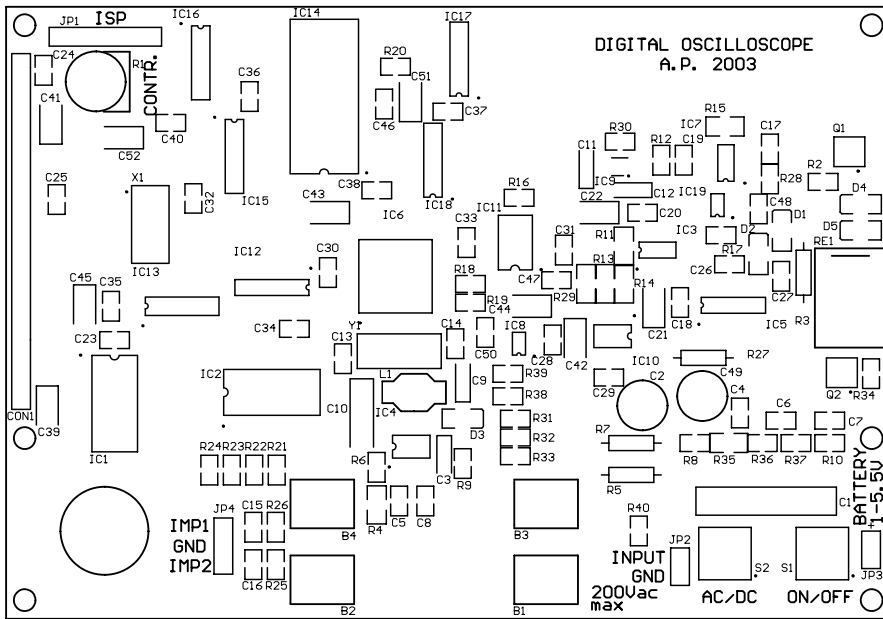
Po prawej stronie ekranu znajduje się część informacyjna, prezentująca aktualne nastawy, ewentualnie wyniki pomiarów.

Wybrany parametr odróżniony jest od pozostałych inwersją opisu.

Kolejne parametry (wiersze) wybiera się za pomocą przycisków UP i DOWN.

W kolejnych wierszach widzimy następujące dane:

- TIME – w tej linii wyświetlana jest aktualna podstawa czasu oscyloskopu. Może ona przyjmować wartości od 250 ns/dz. do 500 ms/dz. Zmiany tej wartości dokonuje się pokrętle obrotowym. Naciśnięcie przycisku SELECT powoduje włączenie trybu uśredniania próbek. Uśrednianie jest sygnalizowane na ekranie w ostatniej linii literami AV (ang. *averaging*),
- VOLT – w tej linii pokazywany jest aktualny zakres napięciowy (czułość) oscyloskopu. Można go zmieniać w zakresie od 5mV/dz. do 20V/dz. Podobnie jak wyżej zmiany dokonuje się pokrętle. Po naciśnięciu przycisku SELECT następuje włączenie bądź wyłączenie filtra dolnoprzepustowego 500 kHz w torze pomiarowym. Włączenie filtra jest sygnalizowane wyświetleniem w ostatnim wierszu liter BL (od ang. *bandwidth limit* – ograniczenie pasma),
- XPOS – w tym wierszu jest wyświetlana wartość tylko w trybie zatrzymania akwizycji (STOP). Wskazuje ona aktualne przesunięcie przebiegu w czasie, względem punktu środka ekranu. Po zatrzymaniu akwizycji punkt środkowy przyjmuje domyślną wartość zero. Do przesuwania przebiegu względem osi czasu służy pokrętko. Granice przesunięcia wyznacza pojemność pamięci próbek.



Rys. 7. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej

- YPOS – jest tu wyświetlana wartość przesunięcia na osi napięcia (offset). Do przesuwania przebiegu, tak jak w pozostałych przypadkach, służy pokrętło obrotowe. Razem z przesuwaniami przebiegu przesuwane są również znaczniki poziomu wyzwalania oraz masy. W sytuacji gdy nastawy powodują, że znaczniki te powinny wykroczyć poza ekran są one zatrzymywane przy maksymalnej górnej lub dolnej pozycji, a dodatkowo wyświetlana jest strzałka informująca o takiej sytuacji. Wartość napięcia przesunięcia jest jednak cały czas właściwie wyświetlana. Ponieważ zapisywane próbki są 8-bitowe, a na ekranie wyświetlone są tylko 64 piksele (6 bitów), zmiana wartości przesunięcia umożliwia obejrzenie całego przebiegu (256 pikseli).
- CURS – ten wiersz jest odpowiedzialny za obsługę kursorów ekranowych. Dostępne są dwa kursory pionowe X1, X2, oraz dwa poziome Y1 i Y2. Do wyboru kursora służy przycisk SELECT. Kolejne naciśnięcia tego przycisku powoduje przechodzenie po kolejnych pozycjach. Aby wyświetlić wybrany kursor należy raz przekręcić impulsatorem, dalsze kręcenie powoduje zmianę pozycji kursora. W następnym wierszu jest wyświetlana jest pozycja kursora (w jednostkach czasu lub napięcia w zależności od rodzaju kursora). W przypadku gdy wartość nie była jeszcze ustalona (kursor

jest wyłączony) zamiast wartości wyświetlany jest znak zapytania (np. X1=?).

Aby wyłączyć kursor z ekranu należy przyciskiem SELECT wybrać pozycję „CURS OFF?” i następnie raz przekręcić impulsatorem. Pozytcje kursorów są w takiej sytuacji pamiętane.

Kursory X1 i X2 (pionowe) można przesuwać tylko w zakresie widocznej części przebiegu, przy czym przyjęto, że skrajny lewy brzeg ekranu odpowiada wartości kursora 0.00s (rys.5).

Kursory Y1 i Y2 można przesuwać w zakresie całej 8-bitowej próbki, wyjście poza część widoczną sygnalizowane jest strzałką wyświetlaną przy wartości kursora. Umożliwia to np. dokładniejszy pomiar odstępu między szczegółami przebiegu, niż na podstawie fragmentu wyświetlonego w obrębie ekranu (64 pikseli). Pozycja kursorów poziomych jest oczywiście odniesiona do poziomu masy.

- TRIG – w tym wierszu wyświetlany jest aktualny poziom wyzwalania oscyloskopu. Poziom ten jest pokazywany na ekranie w postaci liczbowej z napisem TRIG, oraz w postaci znacznika na ekranie. Poziom wyzwalania (ang. *trigger level*) może przyjmować jedną z 256 wartości. Gdy aktualna wartość wykracza poza ekran sygnalizowane to jest odpowiednio strzałką za wartością liczbową. Punkt wyzwalania w osi czasu jest prezentowany na

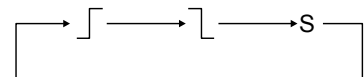
środku ekranu, tak więc można obserwować przebieg także przed momentem wyzwolenia.

Dostępne są trzy tryby wyzwalania: normalny – zboczem opadającym lub zboczem narastającym, oraz pojedynczy (ang. *single*). Tryb pojedynczy, ze względu na technicznych dostępny jest tylko na zakresach od 5ms/dz. do 500ms/dz. Zmiana trybu następuje poprzez naciśnięcie przycisku SELECT. Aktualny tryb jest sygnalizowany znacznikiem w ostatnim wierszu informacyjnym. Dodatkowo przy poprawnym wyzwoleniu znaczek ten jest prezentowany w inwersji, a przy braku wyzwolenia jest wyświetlany bez inwersji.

Zmiana trybu wyzwalania na zakresach od 250ns/dz. do 2,5ms/dz. przebiega następująco:



natomiast w trybach od 5ms/dz. do 500ms/dz. obecny jest dodatkowy tryb, sygnalizowany literą S (od ang. *single*):



Szerszego omówienia wymaga tryb wyzwalania pojedynczego. Po wybraniu przyciskiem SELECT tego trybu, należy nacisnąć przycisk RUN/STOP. W ten sposób aktywowany jest układ wyzwalania. W dolnej części ekranu pojawia się napis WAIT – oscyloskop oczekuje na spełnienie warunków wyzwolenia, a ekran zostaje wyczyszczony. Oscyloskop jest wyzwalany, gdy nastąpi przejście sygnału przez ustaloną wartość poziomu wyzwalania.

Gdy zostanie spełniony warunek wyzwolenia, następuje narysowanie przebiegu (punkt wyzwolenia prezentowany jest w środku ekranu) i zatrzymanie akwizycji (oscyloskop przechodzi w tryb STOP).

Kolejne naciśnięcie przycisku RUN/STOP uruchamia procedurę od początku.

W przypadku, gdy oscyloskop nie zostaje wyzwolony, oczekiwanie można przerwać naciskając przycisk RUN/STOP. Zmiana parametrów wyzwolenia, np. poziomu wyzwolenia, nie jest możliwa w trybie oczekiwania (WAIT) – należy najpierw zatrzymać ten proces. W przypadku poprawnego wyzwolenia, możliwe jest rozciągnięcie przebiegu nawet do zakresu 100µs/dz. (dla wyzwolenia na zakresie 5ms/dz.).

Oscyloskop wychwytuje impulsy o szerokości minimum $10\mu s$.

Aby zmienić zakres napięciowy oscyloskopu konieczne jest opuszczenie trybu wyzwalania pojedynczego – w tym celu należy wybrać tryb wyzwalania normalnego i następnie zmienić ustawienia oscyloskopu. W przypadku gdy przebieg w trybie STOP jest rozciągnięty poniżej zakresu $5ms/dz.$, nie jest możliwe kolejne ręczne wyzwolenie. Wcześniej należy ponownie ustawić zakres $5ms/dz.$ lub wyższy.

Metodą ręcznego, pojedynczego wyzwalania można wykonać wiele przydatnych pomiarów; dla przykładu, można wychwycić moment włączenia jakiegoś urządzenia lub wyzwalać oscyloskop gdy pojawia się transmisja szeregową.

Przedostatnia linia części informacyjnej to pole pomiarowe o zmiennej funkcji. Pole to służy do wyświetlania różnych przydatnych informacji o aktualnym przebiegu. Zmiana funkcji następuje za pomocą przycisku SELECT. Zmiana ta przebiega w następującym porządku:

PEAK – wyświetlana jest wartość międzyszczytowa przebiegu (ang. *peak to peak*), przy czym jest to wartość zmierzona na podstawie rzeczywistej wartości próbek w obrębie ekranu (128 pikseli). Wartość ta jest podawana poprawnie nawet wtedy, gdy przebieg wychodzi poza ekran (w górę lub w dół),

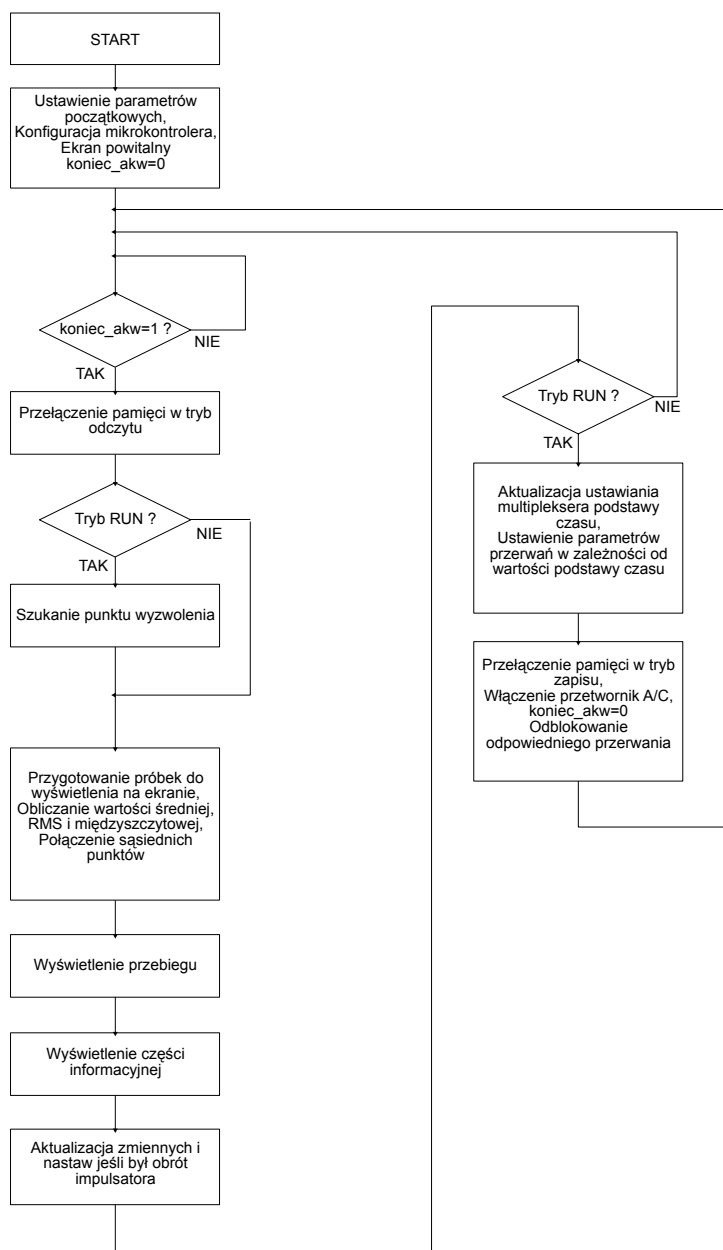
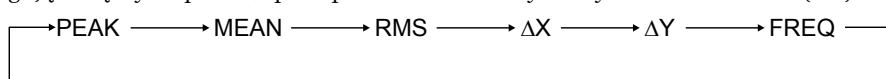
MEAN – mierzona jest wartość średnia z próbek w obrębie ekranu (128 pikseli). Podobnie jak w przypadku obliczania wartości międzyszczytowej, pod uwagę są brane próbki 8-bitowe, a nie tylko część ograniczona ekranem (w osi napięcia),

RMS – mierzona jest wartość skuteczna przebiegu w obrębie ekranu; także do obliczeń jest brana pełna 8-bitowa wartość próbki (**rys. 6**).

ΔX – podawana jest różnica bezwzględna pomiędzy kursorami X1 i X2 (jeśli oba są włączone i widoczne na ekranie),

ΔY – podawana jest różnica bezwzględna pomiędzy kursorami Y1 i Y2 (jeśli oba są włączone i widoczne),

FREQ – mierzona jest częstotliwość jako odwrotność wartości ΔX , wyświetlana tylko wtedy, kiedy włączone są oba kursory pionowe. Posługując się tym polem, po uprzednim



Rys. 8. Algorytm głównego programu mikrokontrolera

właściwym ustawieniem kursorów X1 i X2, można łatwo ustalić częstotliwość obserwowanego sygnału.

- ostatnia linia informacyjna pokazuje informacje na temat akwizycji: uruchomiona – RUN, zatrzymana – STOP, zmiana stanu następuje przy zmianie RUN/STOP.

Dodatkowo informuje także o typie sprzężenia (AC lub DC) zmienianym przełącznikiem AC/DC, o aktywnym filtrze dolnoprzepustowym (jeśli jest włączony), aktywnym zbczu wyzwalającym (opadającym lub narastającym) oraz włączonym trybie uśredniania (AV).

Opis konstrukcji

Oscyloskop zmontowano na jednej, dwustronnej płytce drukowanej. Na płytce umieszczono 19-nóżkowe złącze typu *goldpin* do podłączenia modułu wyświetlacza. Wszystkie elementy przylutowano po jednej stronie płytki. Większość elementów to podzespoły SMD, nieliczne przewlekane to przyciski obsługi, przełączniki, kilka rezystorów, potencjometr regulacji kontrastu, przekaźnik RE1 oraz dwa trymery.

Moduł wyświetlacza umieszczono nad płytką oscyloskopu tworząc rodzaj „kanapki”.

Płytką drukowaną ma wymiary 120×83 mm, czyli niecały decymetr kwadratowy. Małe wymiary to jeden

z celów tego projektu – ma to być urządzenie przenośne.

Wolne miejsca na płytce pokryto płaszczyzną masy. Ma to na celu zmniejszenie impedancji (rezystancji i indukcyjności) ścieżek masy na płytce. Tworzy ona także pewien rodzaj ekranu chroniącego od zakłóceń. Całą płytkę podzielono na dwie, wyraźnie oddzielone części – cyfrową i analogową.

Także płaszczyzny masy zostały rozdzielone. Ma to na celu zminimalizowanie wzajemnego, pasożytniczego oddziaływania części cyfrowej na czułą część analogową. Przetwornicę DC/DC zasilacza usytuowano w centralnej części płytki, tak aby prądy zasilania części cyfrowej i analogowej nie miały wspólnych ścieżek. Zgodnie z zaleceniami inżynierów firmy *Analog Devices*, w otoczeniu układu AD8005 (IC3) usunięto płaszczyznę masy, aby zminimalizować pojemności pasożytnicze, mogące popsuć parametry częstotliwościowe wzmacniacza.

Schemat montażowy oscyloskopu przedstawiono na **rys. 7**.

Uruchomienie układu sprowadza się do wyregulowania kontrastu

wyświetlacza (potencjometrem R1) oraz ustawieniu tłumika wejściowego za pomocą trymerów C2 i C49, podając na wejście wzorcowy przebieg prostokątny.

Uwagi końcowe

W dotychczasowym opisie pominięto część programową projektu, a jest ona równie ważna jak część sprzętowa. Nie będzie ona tutaj szeroko omawiana, natomiast należy jej poświęcić kilka ogólnych stwierdzeń. Program mikrokontrolera napisano w języku C posługując się pakietem WinAVR. Z kolei program AVRStudio dostarczany przez firmę Atmel pozwolił na symulacyjne sprawdzanie poprawności poszczególnych bloków programowych. Nowe mikrokontrolery Atmela można przeprogramować do 10000 razy, więc w praktyce zmiany badane były często już w docelowym układzie. Do programowania wykorzystano program PonyProg i kabel STK-200 podłączony do portu LPT komputera. Sieć działań oprogramowania oscyloskopu jest pokazana na **rys. 8**. Cały

program zajął 22kB pamięci mikrokontrolera (z 32kB dostępnych).

W projekcie nie wykorzystano możliwości podświetlenia ekranu, mimo że wyświetlacz na to pozwalał, a to ze względu na duży pobór prądu (prąd diod podświetlających może przekroczyć cały prąd pobierany przez urządzenie!). Sam moduł wyświetlacza wykorzystuje kontrolery KS0107 i KS0108 Samsunga. W dostępnym kodzie źródłowym programu mikrokontrolera można prześledzić np. obsługę wyświetlacza jak i inne procedury.

W projekcie tym jeszcze wiele dałoby się poprawić, wiele funkcji dodać (jak np. pamiętanie nastaw oscyloskopu lub przebiegów w wewnętrznej pamięci EEPROM mikrokontrolera, przesyłanie danych poprzez RS232 do komputera, itp.), więc droga do modyfikacji jest otwarta.

Andrzej Piernikarczyk

Urządzenie było tematem pracy dyplomowej wykonanej na Politechnice Śląskiej pod kierunkiem dr inż. Macieja Nowińskiego.



AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA I ELEKTROTECHNIKA KOLEJOWA

- bezstykowe czujniki zbliżeniowe
- tachometry
- liczniki impulsów i czasu
- wskaźniki temperatury
- wskaźniki prądu i napięcia
- układy kontroli ruchu
- zasilacze przemysłowe 24VDC
- przekaźniki czasowe
- styczniki AC i DC
- złącza przemysłowe
- przetłączniki i inne elementy stykowe
- sterowniki SIMATIC S7-200, S7-300
- falowniki SINAMICS, MICROMASTER
- panele operatorskie SIMATIC HMI
- moduły logiczne LOGO!
- przetworniki obrotowo-impulsowe

**Warsztaty z zakresu
SIMATIC S7-200**

Więcej szczegółowych informacji:

IMPOL-1 Sp.j.
02-255 Warszawa
ul. Krakowiaków 103
tel. (22) 886-56-02
fax (22) 886-56-04
www.impol-1.pl

Na żądanie wysyłamy bezpłatne katalogi w/w wyrobów