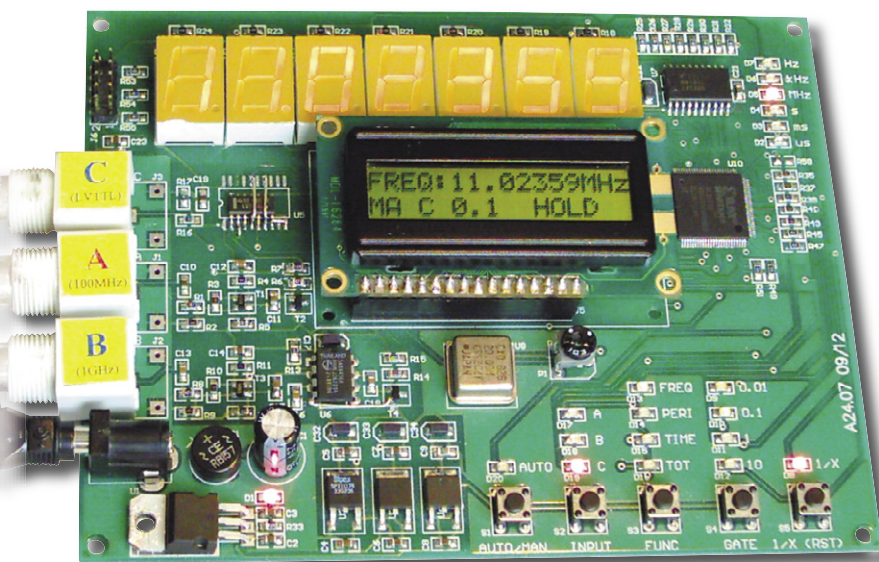


Uniwersalny miernik: częstotliwości, czasu, okresu na FPGA, część 4

AVT-5115

Jednym z przyrządów bardzo często wykorzystywanych w pracowni elektronika jest miernik częstotliwości. Tego typu przyrządy pomiarowe noszą czasem nazwę liczników uniwersalnych i oprócz pomiaru częstotliwości oferują również pomiar innych parametrów, takich jak okres, czas trwania impulsu, czy też całkowita liczba impulsów w pewnej grupie. W artykule przedstawiono opis budowy takiego licznika, do którego konstrukcji wykorzystano układy programowalne FPGA oraz język opisu sprzętu Verilog.



Układ elektryczny miernika

Na rys. 14 pokazano schemat elektryczny miernika. W znacznej mierze jest to dość typowa aplikacja układu FPGA z rodziny Xilinx Spartan 3. Oprócz układu FPGA (U10) mamy więc tutaj pamięć konfiguracji (U9), złącze interfejsu JTAG (J6) do programowania pamięci U9 i układu U10 oraz zespół stabilizatorów U1...U4 dostarczający odpowiednie napięcia do zasilania układu FPGA i innych elementów urządzenia.

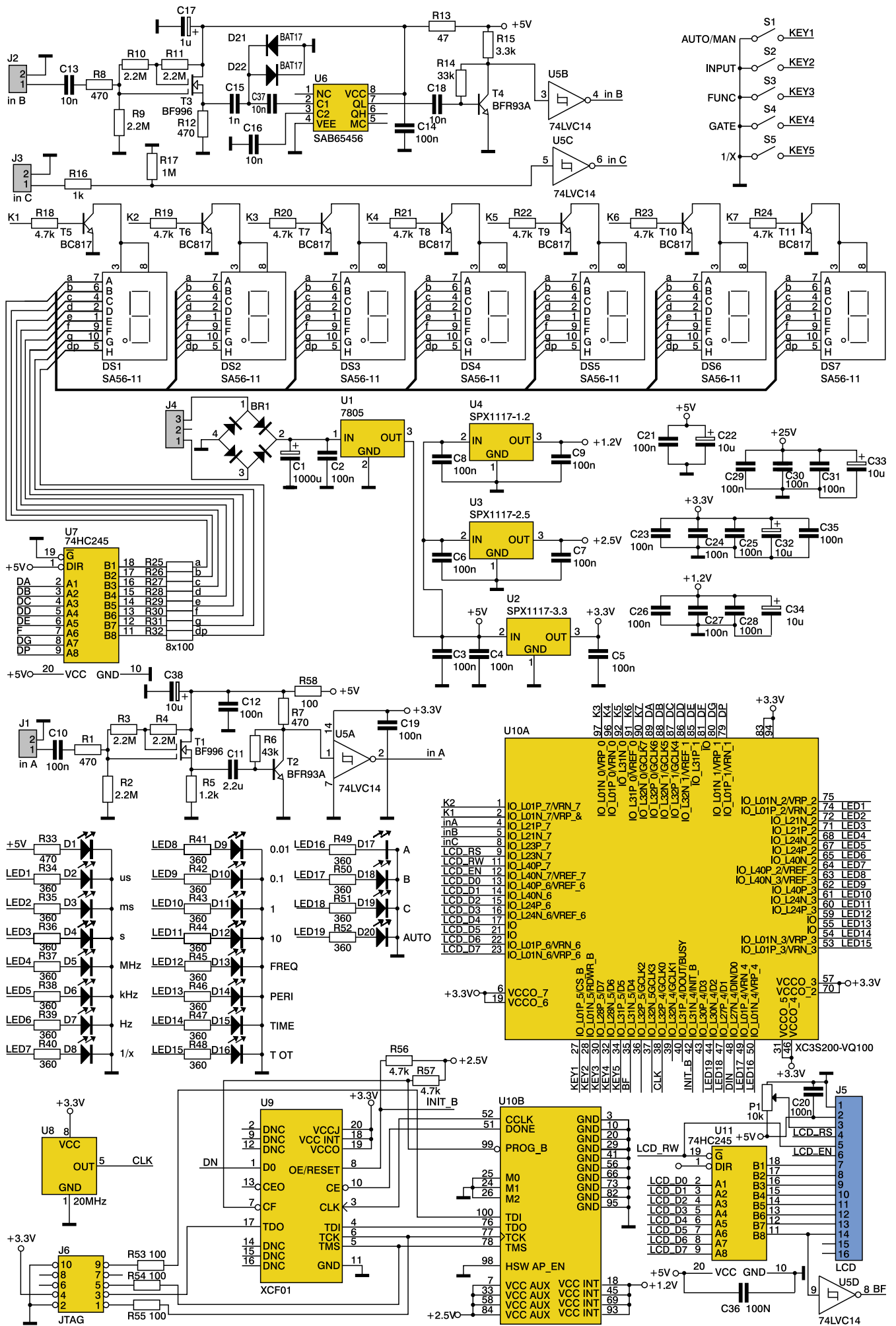
Poszczególne moduły 7-segmentowego wyświetlacza LED ze wspólną katodą sterowane są multipleksowo poprzez bufor U7 i tranzystory T5...T11. Dodatkowy alfanumeryczny wyświetlacz LCD sterowany jest w trybie 8-bitowym poprzez bufor U11, który umożliwia dwukierunkową wymianę danych pomiędzy wyświetlaczem i układem FPGA. W czasie, gdy wymagany jest odczyt danych z wyświetlacza (stan bitu zajętości) wyjścia bufora przechodzą w stan wysokiej impedancji, a stan bitu zajętości poprzez inwerter U5D, konwertujący napięcie ze

standardu TTL do LVTTTL, dostępny jest na wybranej końcówce układu FPGA. Diody LED D2...D20 sygnalizujące tryb pracy miernika dołączone są, poprzez rezystory ograniczające prąd, do wyprowadzeń układu FPGA. Przyciski S1...S5 służące do zmiany bieżących ustawień przyrządu nie wymagają rezystorów podciągających, gdyż zadanie to realizowane jest przez odpowiednie obwody wewnątrz układu FPGA. Jako źródło sygnału podstawy czasu i sygnału zegarowego wykorzystano gotowy generator kwarcowy typu TCXO (skompensowany temperaturowo), charakteryzujący się dokładnością na poziomie 10^{-7} w typowym zakresie temperatur. Większą dokładność podstawy czasu można uzyskać stosując generator kwarcowy utrzymywany w bardzo stabilnej temperaturze (dokładność 10^{-9}).

Opisywany tutaj przyrząd został wyposażony w trzy stosunkowo proste układy formowania impulsów, umożliwiające pomiar sygnałów o różnych parametrach. Do wejścia A przyrządu (złącze J1) dołączono bardzo prosty wzmacniacz szeroko-

PODSTAWOWE PARAMETRY

- pomiar częstotliwości, okresu, czasu trwania impulsu (z funkcją stopera), całkowitej liczby impulsów,
- automatyczna zmiana zakresu,
- pomiary w trybie licznika konwencjonalnego i odwrotnego,
- podwójny wyświetlacz 7-cyfrowy, 7-segmentowy LED i/lub alfanumeryczny LCD 2x16 znaków,
- maksymalna rozdzielczość pomiaru częstotliwości: 10^{-6} Hz, czasu: 10 ns,
- trzy wejścia pomiarowe:
 - wejście A: zakres częstotliwości: 30 Hz...100 MHz, czułość $S < 75$ mV ($f = 10$ MHz), impedancja wejściowa $Z_{in} > 1,3$ M Ω ($f = 1$ kHz),
 - wejście B: zakres częstotliwości: 70 MHz...1 GHz, czułość (bez wtórника T4) $S \approx 10$ mV, impedancja wejściowa $Z_{in} = 50$ Ω ,
 - wejście C: wejście cyfrowe LVTTTL (z tolerancją 5 V), zakres częstotliwości od 0 do ok. 150 MHz
- zasilanie minimum 6 VAC lub 7,5 VDC



Rys. 14. Schemat ideowy licznika uniwersalnego

pasmowy. Jako stopień wejściowy wzmacniacza zastosowano tranzystor MOSFET (T1) w układzie wtórnika źródłowego, zapewniający dużą impedancję wejściową i odporność na sygnały wejściowe o stosunkowo dużej amplitudzie (diody zintegrowane w tranzystorze, zabezpieczające obwód bramki). Właściwe wzmocnienie sygnału i jednocześnie wstępne jego uformowanie uzyskuje się w stopniu z tranzystorem bipolarnym T2 pracującym z napięciowym równoległym sprzężeniem zwrotnym. Sygnał z kolektora tranzystora T2 podawany jest następnie na przerzutnik Schmitta – inwerter z serii 74LVC14 (U5A) i dalej już bezpośrednio do układu FPGA.

Dość istotny jest tutaj dobór punktu pracy tranzystora T2. Spoczynkowe napięcie na kolektorze T2 powinno być nieco większe niż górny próg przełączania pętli histerezy przerzutnika Schmitta. Czym bliżej progu przełączania znajduje się to napięcie, tym większą czułość można uzyskać, ale jednocześnie spada odporność układu na zakłócenia. Dodatkowo w takim układzie polaryzacji może wystąpić znaczący dryft punktu pracy związany ze zmianami temperatury. Chcąc uzyskać możliwie najlepszą czułość takiego układu formowania impulsów należy indywidualnie dobrać punkt pracy tranzystora T2 (zmiana rezystancji R14) w zależności od współczynnika wzmocnienia tranzystora i parametrów pętli histerezy przerzutnika Schmitta.

Istotny jest również poziom zakłóceń, pochodzących od pozostałych elementów urządzenia i przenoszonych się na kolektor tranzystora T2. Poziom ten powinien być jak najmniejszy, w szczególności znacząco mniejszy od szerokości pętli histerezy przerzutnika Schmitta. Dlatego ważne jest odsprężenie napięcia zasilania (elementy R58, C38, C12) jak również odpowiednie prowadzenie masy ma płytce drukowanej (m. in. oddzielenie masy części analogowej – układów formowania impulsów, od części cyfrowej całego urządzenia).

W praktyce okazało się, że źródłem zakłóceń o dość dużej amplitudzie, przenoszonych się na kolektor T2, był tranzystor T4 przełączany sygnałem z samooscylicującego (przy braku sygnału wejściowego) preskalera U6. Na etapie projektowania

urządzenia nie przewidziano jednak możliwości odłączania napięcia zasilania dla elementów U6 i T4 w czasie, gdy układ ten nie byłby wykorzystywany – co pozwoliłoby zmniejszyć poziom generowanych zakłóceń.

Opisany układ formowania impulsów jest bardzo prosty, jednak nie charakteryzuje się dobrymi parametrami. W razie potrzeby można zastosować zewnętrzny układ formowania impulsów dołączony do wejścia C (J3) miernika. Znajdujący się na tym wejściu inwerter z przerzutnikiem Schmitta U5C może pracować z częstotliwością dochodzącą nawet do ponad 150 MHz, podczas gdy maksymalna częstotliwość, którą jest w stanie zmierzyć miernik (układ FPGA) – jak wynika z pomiarów – wynosi nieco ponad 220 MHz (dla wolniejszego spośród dwóch produkowanych odmian układu XC3S200). Inwerter ten nie ogranicza więc w sposób istotny pasma pomiarowego urządzenia.

Drugie wejście pomiarowe (wejście B, złącze J2) służy do pomiarów częstotliwości sygnałów o częstotliwościach od 70 MHz do 1 GHz. Widoczny na schemacie obwód wejściowy z wtórnikiem T3 można zupełnie pominąć w czasie montażu, dołączając sygnał ze złącza J2 bezpośrednio do kondensatora C15. Wtórnik ten miał za zadanie zwiększyć impedancję wejściową układu formowania impulsów. Jednak dla wysokich częstotliwości, na skutek istnienia nawet niewielkiej wejściowej pojemności bocznikującej, impedancja takiego stopnia jest i tak bardzo mała (np. dla $C_{in}=5$ pF, $f_{in}=500$ MHz, impedancja wejściowa Z_{in} wynosi około 63 Ω), a sam wtórnik dodatkowo wnosi pewne tłumienie sygnału, zmniejszając czułość całego układu.

Zasadniczym elementem tego układu formowania impulsów jest preskaler U6 dokonujący podziału częstotliwości wejściowej przez współczynnik równy 64. Układ charakteryzuje się dużą czułością (10 mV_{RMS}), ale – jak podaje nota aplikacyjna – może on oscylować przy braku sygnału wejściowego (co permanentnie miało miejsce w opisywanym urządzeniu). Diody Schotky'ego D21...D22 zabezpieczają obwody wejściowe preskalera przed sygnałami o zbyt dużych amplitudach. Sygnał wyjściowy z preskale-

ra ma stosunkowo małą amplitudę (maksymalnie 1 V_{pp}), stąd potrzeba zastosowania stopnia wzmacniającego z tranzystorem T4.

Obsługa miernika

Po włączeniu zasilania urządzenie rozpoczyna pracę w trybie licznika konwencjonalnego, mierząc częstotliwość sygnału pochodzącego z wejścia A, dla podstawy czasu równej 1 sekunda. Ustawienia podstawy czasu można zmieniać ręcznie przyciskiem S4 (GATE) – jeżeli miernik pracuje w trybie bez automatycznej zmiany zakresu (zgaszona dioda LED D20). Klawiszem S1 (AUTO/MAN) można włączyć układ automatycznej zmiany zakresu, co jest sygnalizowane zapaleniem diody D20.

Zmiany wejścia, z którego pobierany jest sygnał do pomiarów dokonuje się przyciskiem S2 (INPUT). Możliwe są do wyboru trzy wejścia: A (ze wzmacniaczem do 100 MHz), B (z preskalarem do 1 GHz) oraz C (o poziomie LVTTTL z tolerancją 5 V, do około 150 MHz). Wybór danego wejścia sygnalizują odpowiednie diody LED (D17, D18, D19). Jednak nie dla wszystkich funkcji pomiarowych możliwy jest wybór każdego z wejść A, B, C. Pomiar częstotliwości można wykonywać dla sygnałów pochodzących ze wszystkich trzech wejść, pomiar okresu – tylko z wejść A i C, a pomiar czasu trwania impulsu i całkowitej liczby impulsów – tylko z wejścia C.

Zmiana funkcji pomiarowej dokonywana jest klawiszem S3 (FUNC). Możliwy jest wybór pomiaru częstotliwości (FREQ), okresu (PERI), czasu trwania impulsu (TIME) oraz całkowitej liczby impulsów (TOT). Wraz ze zmianą funkcji pomiarowej samoczynnie mogą następować zmiany ustawień podstawy czasu oraz rodzaju wejścia pomiarowego. Na przykład dla funkcji pomiaru częstotliwości z wejścia B, zmiany podstawy czasu można dokonywać ze zbioru tylko dwóch (0,1...64 ms i 1...640 ms), a nie czterech wartości. Podobnie zmiana funkcji na TIME lub TOT powoduje przełączenie aktywnego wejścia pomiarowego na wejście C.

Klawisz S5 (1/x) pełni wieloraką rolę w zależności od wybranej funkcji pomiarowej. W przypadku pomiaru częstotliwości z wejść A i C pierwsze naciśnięcie klawisza S5

spowoduje zamrożenie na wyświetlaczu bieżącego wyniku pomiaru (funkcja HOLD). Stan ten sygnalizowany jest szybko migającą diodą LED D8. Kolejne (drugie) naciśnięcie tego klawisza spowoduje zmianę funkcji z licznika konwencjonalnego na licznik odwrotny – co sygnalizowane jest ciągłym świeceniem diody D8. Następne (trzecie) naciśnięcie S5 spowoduje uruchomienie funkcji HOLD dla licznika odwrotnego (dioda D8 miga). Kolejne (czwarte) naciśnięcie S5 spowoduje powrót do normalnego trybu pracy jako licznika konwencjonalnego (dioda D8 zgaszona). W przypadku pomiaru częstotliwości z kanału B i pomiaru okresu (kanały A i C), klawiszem S5 aktywuje się funkcję HOLD (miganie diody D8). Dla pomiarów czasu trwania impulsu klawisz S5 służy do zgłaszania żądania wykonania następnego pomiaru (poniżej zostanie to wyjaśnione bardziej szczegółowo). Dla funkcji pomiaru całkowitej liczby impulsów klawiszem S5 zeruje się bieżące wskazanie licznika.

Dla funkcji pomiaru częstotliwości w trybie licznika konwencjonalnego klawiszem S2 wybiera się odpowiednie wejście pomiarowe, klawiszem S4 – podstawę czasu (w trybie bez automatycznej zmiany zakresu). W przypadku, gdy przy danej podstawie czasu nastąpi przepełnienie licznika (zbyt duża częstotliwość wejściowa) zostanie to zasygnalizowane na wyświetlaczu LED poprzez wyświetlenie symbolu „Err”. Włączenie układu automatycznej zmiany zakresu (klawisz S1) powoduje automatyczne dobranie optymalnej podstawy czasu z punktu widzenia uzyskania możliwie największej rozdzielczości pomiaru. W trybie automatycznej zmiany zakresu nie jest dostępna najdłuższa podstawa czasu (10 sekund), ze względu na zbyt długi czas pomiaru.

Zmianę trybu pracy miernika z licznika konwencjonalnego na licznik odwrotny można dokonać klawiszem S5 (trzeba to zrobić dwukrotnie – jednokrotne naciśnięcie S5 spowoduje uruchomienie funkcji HOLD). W trybie licznika odwrotnego możliwe jest uzyskanie większej rozdzielczości pomiaru sygnałów o niskich częstotliwościach (teoretycznie poniżej 100 kHz, w praktyce tę funkcję najlepiej stosować dla

przebiegów poniżej 10 kHz). W tym trybie podstawa czasu dobierana jest automatycznie i nie ma możliwości jej zmiany w sposób manualny.

Ze względu na sposób konstrukcji licznika odwrotnego (pomiar pojedynczego okresu sygnału bez uśredniania) zbyt duża częstotliwość wejściowa powoduje zmniejszenie rozdzielczości pomiaru w stosunku do konwencjonalnego trybu pracy. Stan taki sygnalizowany jest na wyświetlaczu symbolem „Err”. Jeżeli przed przełączeniem trybu pracy do trybu licznika odwrotnego włączona była funkcja automatycznej zmiany zakresu (zapalona dioda LED D20) wówczas przy zbyt dużej częstotliwości wejściowej miernik automatycznie przełącza się do konwencjonalnego trybu pracy. Po powrocie do trybu pracy jako licznika konwencjonalnego (niezależnie od tego czy powrót ten nastąpił automatycznie, czy został wymuszony przez użytkownika) przywracane są nastawy podstawy czasu i rodzaju pracy (z automatyczną zmianą zakresu lub nie) takie, jakie istniały przed przełączeniem do trybu licznika odwrotnego.

Pomiar okresu sygnału wejściowego możliwy jest tylko dla przebiegów dostarczonych do wejść

A i C. Dla tej funkcji pomiarowej klawiszem S4 można wybrać cztery częstotliwości podstawy czasu (100 MHz – 0,01, 10 MHz – 0,1, 1 MHz – 1, 100 kHz – 10) lub nastawy te dokonywane są automatycznie przy włączonej funkcji automatycznej zmiany zakresu. W praktyce, aby osiągnąć największą możliwą rozdzielczość pomiaru okresu sygnałów o częstotliwościach powyżej 10 Hz należy wybrać największą oferowaną częstotliwość podstawy czasu (tutaj 100 MHz)

Pomiar pojedynczego okresu przebiegu wejściowego dokonywany jest w stałych odstępach czasu co około 0,2 sekundy i w takich też odstępach czasu prezentowany jest na wyświetlaczu wynik pomiaru.

Funkcja pomiaru czasu trwania impulsu podobna jest do funkcji pomiaru okresu. Mierzony jest czas pomiędzy wystąpieniem narastającego i opadającego zbocza w wejściowym sygnale mierzonym. Jak widać zrezygnowano tutaj z typowego rozwiązania stosowanego w większości liczników uniwersalnych, polegającego na pomiarze czasu pomiędzy narastającymi (lub opadającymi) zboczami sygnałów na dwóch różnych wejściach pomiarowych. W prezentowanym tutaj rozwiązaniu pomiar dokonywany jest przy

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

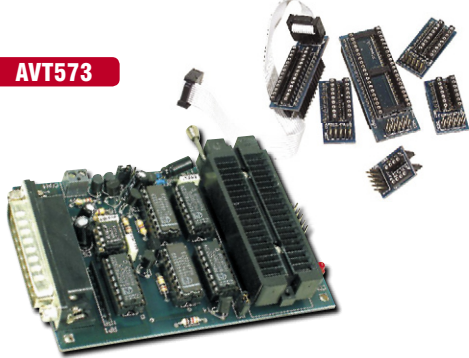
R1, R7, R8, R12, R33: 470 Ω
 R2...R4, R9...R11: 2,2 MΩ
 R5: 1 kΩ
 R6: 43 kΩ
 R13: 47 Ω
 R14: 33 kΩ
 R15: 3,3 kΩ
 R16: 1 kΩ
 R17: 1 MΩ
 R18...R24: 4,7 kΩ
 R25...R32, R53...R55, R58: 100 Ω
 R34...R52: 360 Ω
 R56, R57: 4,7 kΩ
 P1: 10 kΩ

Kondensatory

C1: 1000 μF/25 V
 C2...C10, C12, C14, C19...C21, C23...C31, C35, C36: 100 nF
 C11: 2,2 μF
 C13, C16, C18, C37: 10 nF
 C17, C22, C32, C33, C34, C38: 10 μF/10 V

Półprzewodniki

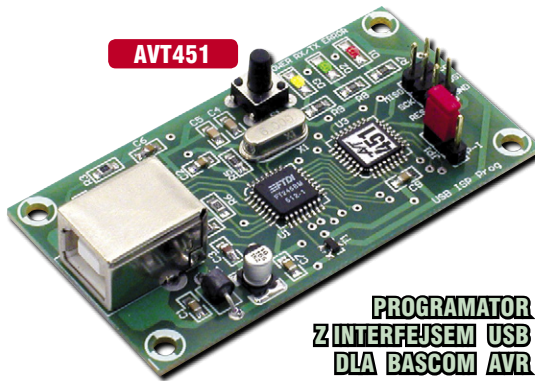
U1: 7805
 U2: SPX1117-3.3
 U3: SPX1117-2.5
 U4: SPX1117-1.2
 U5: 74LVC14
 U6: SAB6456A
 U7: 74HC245
 U8: generator kwarcowy TCXO 20 MHz
 U9: XCF01S
 U10: XC3S200-VQ100
 U11: 74HC245
 T1, T3: BF996
 T2, T4: BFR93A
 T5...T11: BC817
 D1...D20: LED
 D21, D22: BAT17
 DS1...DS7: wyświetlacz 7-segmentowy LED, wspólna katoda
Inne
 J1, J2, J3: złącze BNC
 J4: gniazdo zasilacza
 J5: gniazdo goldpin 1x16
 J6: goldpin 2x5

AVT573

UNIERSALNY PROGRAMATOR MIKROKONTROLERÓW PIC

Układ jest uniwersalnym systemem umożliwiającym programowanie mikrokontrolerów PIC firmy Microchip.

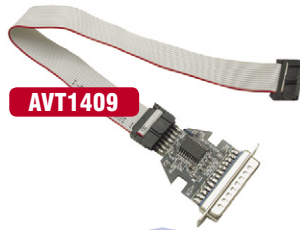
- wersja A: 18 zł
- wersja B: 98 zł
- wersja C: 170 zł

AVT451

PROGRAMATOR Z INTERFEJSEM USB DLA BASCOM AVR

Programator do niezwykle popularnego pakietu programowania BASCOM AVR. Układ połączony jest z komputerem poprzez popularny interfejs USB.

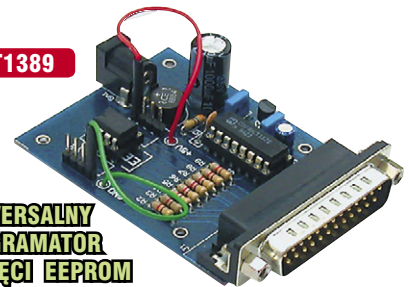
- wersja A: 32zł
- wersja B: 75zł
- wersja C: 100zł

AVT1409

PROGRAMATOR JTAG DLA UKŁADÓW MSP430

Urządzenie umożliwia programowanie mikrokontrolerów MSP430 firmy TI.

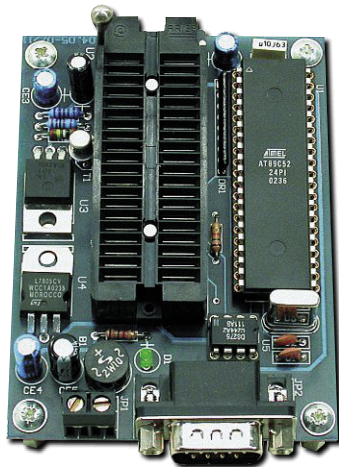
- wersja A: 6 zł
- wersja B: 17 zł
- wersja C: 34 zł

AVT1389

UNIERSALNY PROGRAMATOR PAMIĘCI EEPROM

Ultraprosty, a przy tym uniwersalny programator pamięci EEPROM wyposażonych w różne interfejsy szeregowo (SPI, Microwire, I²C itp.).

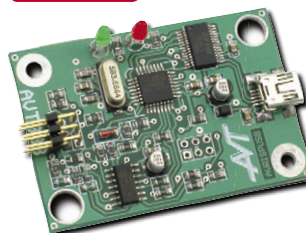
- wersja A: 7,5 zł
- wersja B: 30 zł
- wersja C: 50 zł

AVT1475

PROGRAMATOR UKŁADÓW AT89C51/52/55

Programator jest przeznaczony do programowania wszystkich wersji produkowanych przez firmę Atmel mikrokontrolerów 89C51, 89C52 i 89C55

- wersja A: 30 zł
- wersja B: 65 zł
- wersja C: 130 zł

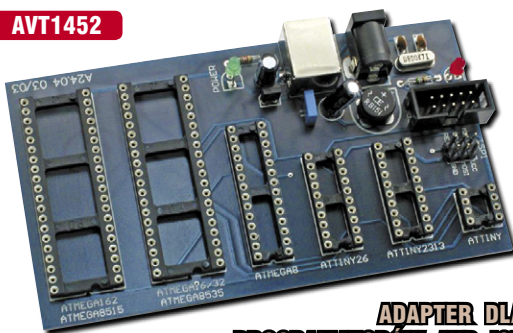
AVT988

PROGRAMATOR AVRISP Z INTERFEJSEM USB

Programator dla każdego elektronika wykorzystującego środowisko AVR Studio. Układ połączony jest z komputerem poprzez popularny interfejs USB i zgodny jest z protokołem STK500V2.

- wersja A: 9 zł
- wersja B: 58 zł
- wersja C: 130 zł

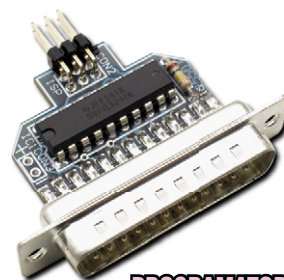
PROGRAMATORY AVT

AVT1452

ADAPTER DLA PROGRAMATORÓW AVR ISP

- wersja A: 24 zł • wersja B: 36 zł • wersja C: 52 zł

Adapter umożliwia programowanie mikrokontrolerów wyposażonych w interfejs ISP, z rodzin ATmega i ATtiny. Całość to niewielka płytka z kilku różnej wielkości podstawkami i elementami elektronicznymi.

AVT2550/P

PROGRAMATOR AVR ISP

Banalnie prosty programator procesorów AVR ISP, który jest zmodyfikowaną wersją bardzo popularnego urządzenia STK200.

- wersja A: 6 zł
- wersja B: 23 zł
- wersja C: 38 zł

wersja A – płytka drukowana, wersja B – płytka drukowana z kompletem podzespołów, wersja C – zestaw zmontowany

Zamówienia przyjmuje Dział Handlowy AVT, 03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11
tel. 022 257 84 50, fax 022 257 84 55, e-mail: handlowy@avt.pl

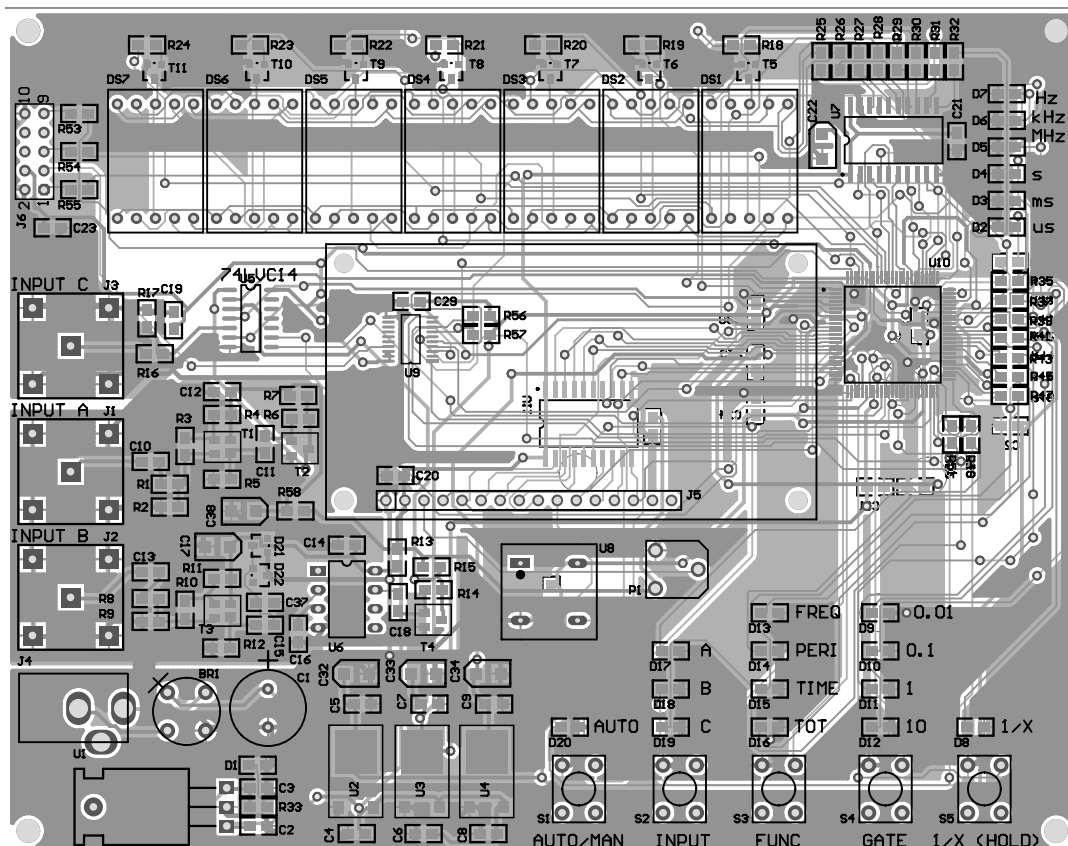
www.sklep.avt.pl

użyciu tylko jednego wejścia pomiarowego – wejścia C (poziom LVTTTL).

Dla funkcji pomiaru czasu nie jest dostępna automatyczna zmiana zakresu. Wyboru odpowiedniej częstotliwości podstawy czasu i związanej z tym rozdzielczości pomiaru należy dokonać ręcznie za pomocą klawisza S4. Możliwa jest do wyboru częstotliwość 100 MHz (0,01), 10 MHz (0,1), 1 MHz (1) oraz 1 kHz (10). W zależności od wybranej częstotliwości, na wyświetlaczu przesuwana jest odpowiednio kropka dziesiętna, wygaszane są nieznaczące zera, oraz za pomocą dodatkowych diod LED (D2... D4) sygnalizowane są właściwe jednostki. W przypadku wyboru najniższej częstotliwości (1 kHz – zapalona dioda D12) miernik oferuje funkcję typowego stopera mierzącego czas z rozdzielczością 1 ms i wyświetlającego wynik w formacie *mm.ss.ddd* (*mm* – minuty, *ss* – sekundy, *ddd* – ułamki sekund).

Zmiana funkcji pomiarowej miernika na pomiar czasu trwania impulsu powoduje, że zmierzony zostanie czas pierwszego napotkanego impulsu na wejściu C. Fakt dokonania pomiaru sygnalizowany jest szybko migającą diodą LED D8 (obok klawisza S5 – na płycie drukowanej) – w tym czasie na wyświetlaczu dostępny jest wynik pomiaru. Skasowanie wyniku pomiaru i przejście w stan gotowości do pomiaru czasu trwania następnego impulsu jest możliwe po naciśnięciu klawisza S5.

Ostatnia funkcja pomiarowa dostępna w prezentowanym urządzeniu to funkcja zliczania całkowitej liczby impulsów dostarczonych do wejścia A lub C. W tym trybie pracy możliwa jest tylko zmiana wejścia pomiarowego (A lub C) oraz wyzerowanie bieżących wskazań na wyświetlaczu – klawisz S5. Dla tej funkcji bramka główna licznika (rys.



Rys. 15. Schemat montażowy płytki drukowanej miernika

7) jest cały czas otwarta i rejestr liczący bezpośrednio zlicza impulsy pochodzące z wybranego wejścia pomiarowego. Wynik zliczania na bieżąco dostępny jest na wyświetlaczu (wygaszane są nieznaczące zera z lewej strony).

Jeżeli opisywany licznik uniwersalny pracuje z wyświetlaczem LCD, wówczas wszystkie informacje o bieżących nastawach przyrządu i wyniku pomiaru dostępne są na tym wyświetlaczu. Po włączeniu zasilania, na wyświetlaczu LCD wyświetlana jest krótka informacja o urządzeniu w postaci przesuwającego się paska tekstu. Naciśnięcie dowolnego klawisza (S1...S5) powoduje przejście do trybu wyświetlenia bieżących wartości mierzonych i informacji o nastawach przyrządu. W pierwszej linii wyświetlacza umieszczona jest informacja o realizowanej funkcji pomiarowej (FREQ – pomiar częstotliwości, PERI – pomiar okresu, TIME – pomiar czasu trwania impulsu, TOT – pomiar całkowitej liczby impulsów), bieżącej wartości wyniku pomiaru oraz odpowiedniej jednostce pomiarowej (MHz, kHz, Hz, μ s, ms, s). W drugiej linii kolejno prezentowana jest informacja o: trybie pracy z automatyczną

zmianą zakresu (AU) lub bez (MA), wyborze wejścia pomiarowego (A, B, C), nastawach podstawy czasu (0,01, 0,1, 1, 10) oraz pracy w trybie licznika odwrotnego (1/PERI) lub zamrożeniu na wyświetlaczu bieżącego wyniku pomiaru (HOLD). Na wyświetlaczu sygnalizowany jest również stan przekroczenia zakresu pomiarowego (OVERFLOW).

Podsumowanie

Kompletny kod w języku Verilog opisujący działanie przedstawionego tutaj licznika uniwersalnego zawiera ponad 1830 linii. Implementacja licznika w wybranym układzie FPGA (XC3S200) zajmuje 47% jego zasobów logicznych (919 bloków logicznych typu *slice* spośród 1920 dostępnych). Pozostają więc jeszcze spore rezerwy zasobów do wykorzystania. Dzięki zastosowaniu układu programowalnego możliwa jest łatwa zmiana funkcji, sposobu działania oraz rozbudowa całego urządzenia bez konieczności dokonywania jakichkolwiek zmian w bieżącym układzie elektrycznym (płytkie drukowane).

Zbigniew Hajduk
zhajduk@prz-rzeszow.pl