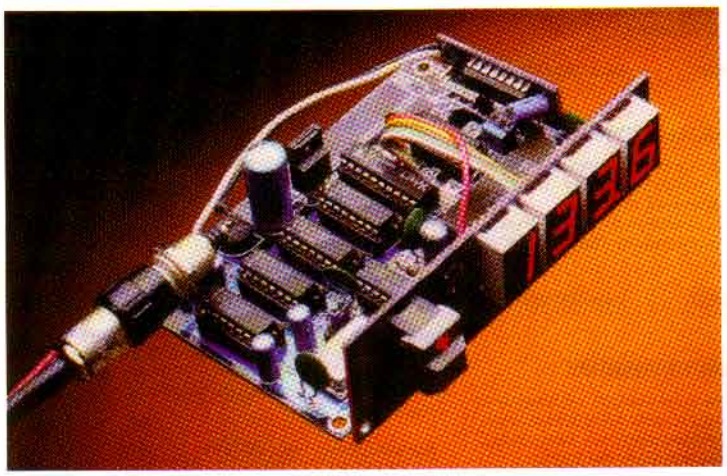
Przyrządy pomiarowe wysokiej klasy są z reguły bardzo kosztowne, co wyklucza w większości wypadków stosowanie ich przez amatorów. Częstościomierze profesjonalne mają dużą rozdzielczość odczytu (6..8 cyfr), są wyposażone w rozbudowane układy bramkujące z regulowanym czasem bramkowania oraz wzmacniacze wejściowe z preskalerami, ale dokładność i uniwersalność tych urządzeń okupuje się ich wysoką ceną. Warto więc zainteresować się niezwykle prostym miernikiem częstotliwości o całkiem dobrych parametrach, wykonanym w oparciu o mało znany, ale dostępny w Polsce układ ICM7217, produkowany m.in. przez firmy Harris i Maxim.

Częstościomierz uniwersalny część 1

kit AVT-263

PROJEKT Z OKŁADKI



Zastosowanie układu ICM7217 umożliwia znaczną miniaturyzację miernika oraz ograniczenie poboru prądu. Nie bez znaczenia jest także bardzo mała ilość wymaganych przewodów łączących płytkę wyświetlacza z płytką bazową, dzięki zastosowaniu wyświetlania multipleksowego. Wybrano wersję ICM7217AIPI, przystosowaną do sterowania czterema wyświetlaczami LED ze wspólną katodą. Układ ten zlicza impulsy w cyklu od 0000 do 9999.

Dzięki modułowej konstrukcji możliwa jest dość prosta i tania rozbudowa układu do indywidualnych potrzeb. Podstawowym wyposażeniem miernika są dwa preskalery ustalające zakres mierzonych częstotliwości do 10MHz oraz 100MHz (**rys. 2**).

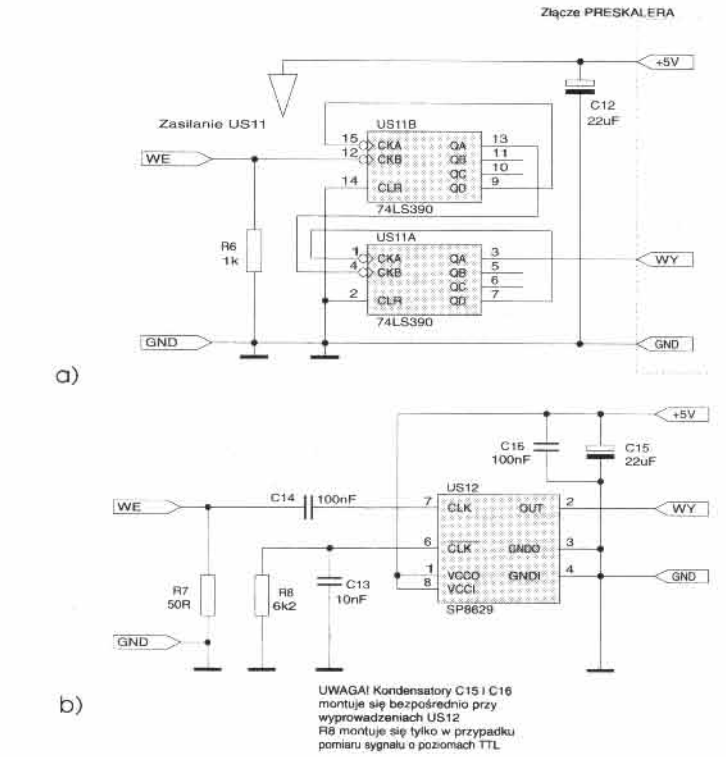
Opis układu

Schemat elektryczny układu znajduje się na **rysunku 1**. Jak widać, głównym elementem miernika jest układ US1 - składa się on z czterech liczników połączonych kaskadowo (z szeregiem wejść sterujących ich pracą) oraz układu wyświetlania multiplekso-wanego. Budowa wewnętrzna układu US1 jest przedstawiona na **rysunku 3**. Ponieważ układ ICM7217 został opracowany z myślą o dużej uniwersalności, nie wszystkie elementy jego architektury wykorzystano w mierniku. Dotyczy to głównie rejestrów pamięciowych komparatora oraz rejestrów ustawiania wstępnego zawartości liczników, a także wyjścia przeniesienia (ang. Carry/Borrow), sygnalizacji osiągnięcia przez liczniki stanu „0000" (Zero) i komparatora (ang. Equal). Liczniki dekadowe wraz z rejestrami buforowymi dekodera oraz dekoderem sterującym wyświetlaniem multipleksowym są wykorzystywane w przedstawionym mierniku.

Schemat blokowy częstościomierza przedstawia **rys. 4**. Generator odniesienia wraz z zespołem liczników spełnia rolę programowanego przełącznika zakresu pomiarowego. Selekcja zakresu odbywa się przy pomocy czterowejściowego multipleksera sterowanego dwubitowym licznikiem. Obydwa te elementy zintegrowano w prostym układzie PLD typu GAL16V8. Licznik adresujący multiplekser zlicza impulsy z przerzutnika RS, do którego wejść sterujących dołączone zostały styki przełącznika dwubiegunowego, monostabilnego. W zależności od stanu licznika przebieg odniesienia z wybranego wejścia multipleksera steruje bramkę US2A, powodując przepuszczanie lub blokowanie impulsów wchodzących na wejście miernika do wejścia zliczania układu US1. Jednocześnie ten sam sygnał referencyjny przy pomocy bramek US2C i US2D steruje przepisywaniem stanu liczników do rejestrów wyświetlania (sygnał !STORE wychodzący z bramki US2C) i następnie skasowaniem liczników przed następnym cyklem zliczania. Impuls kasujący jest stosunkowo krótki, generuje go prosty układ różniczkujący C1 i R3. Dodatnia szpilka jest odwracana przez bramkę Schmitta US2B, dzięki czemu zarówno polaryzacja impulsu jak i jego długość odpowiada wymaganiom wejścia !RESET układu US1.

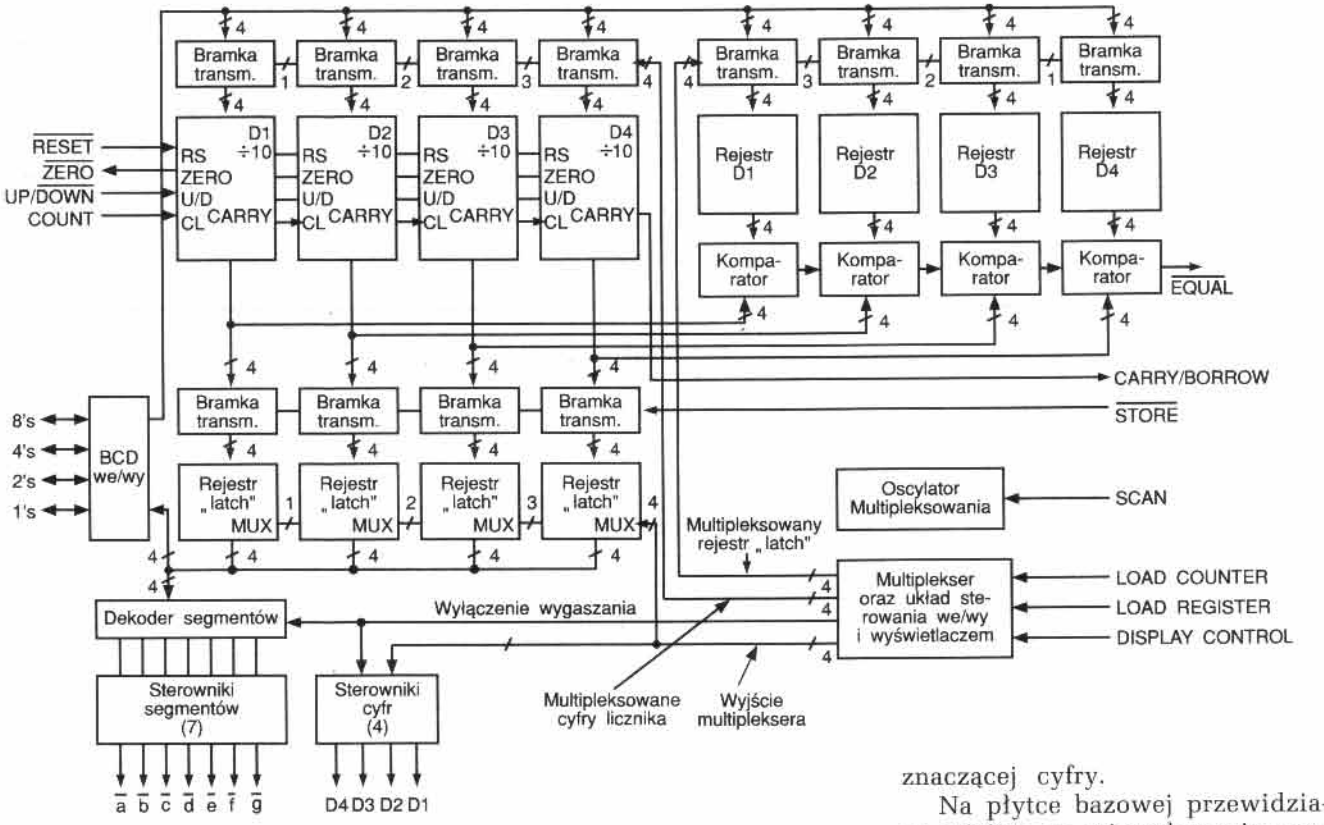
Generator scalony US10 spełnia w układzie rolę wzorca czasu

Rys. 1. Schemat elektryczny miernika częstotliwości.

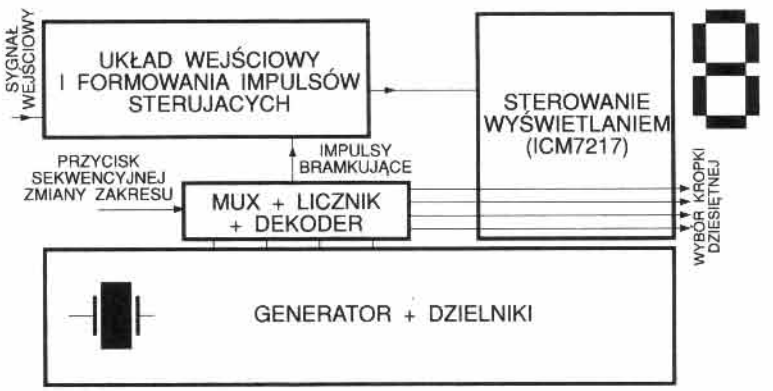


Rys. 2. Schemat elektryczny preskalerów: a) standardowy dzielnik przez 100, b) dzielnik przez 100 na układzie SP8629.

dla szeregu dzielników układu bramkowania. Na jego wyjściu generowana jest w sposób ciągły fala prostokątna o wypełnieniu 1:1 i częstotliwości 5MHz. Możliwe jest także zastosowanie generatora o częstotliwości 10MHz, ale należy wtedy przy pomocy zwory JP1 dokonać przełączenia - sygnał z generatora 10MHz jest dzielony przez 2 za pomocą przerzutnika D US4A. Do wyjścia tego oscylatora dołączono cztery podwójne liczniki modulo 10 (standardowe 74XX390), stanowiące szeregowy dzielnik o zakresie podziału od 10 do 100.000.000. Są to układy US5..8, przy czym do selekcji zakresów wykorzystano tylko cztery najwyższe zakresy podziału (tzn. 100.000, 1.000.000, 10.000.000 oraz 100.000.000). Konfiguracja połączeń liczników zapewnia stały współczynnik wypełnienia impulsów bramkujących 1:1. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na pewien negatywny aspekt takiego sterowania pomiarem



Rys. 3. Schemat funkcjonalny układu scalonego ICM 7217

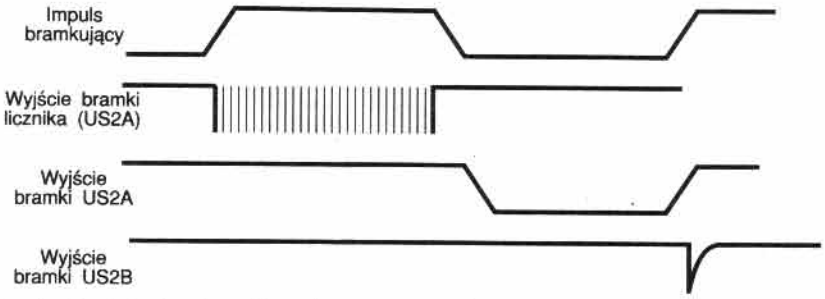


Rys. 4. Schemat blokowy częstościomierza.

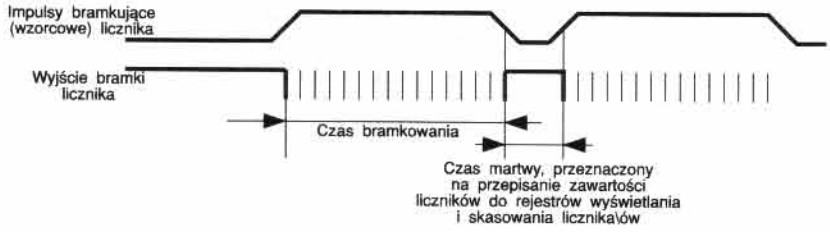
- otóż przy hipotetycznym założeniu, że realny czas trwania pomiaru na wybranym zakresie trwa np. 1 sekundę, pełny czas cyklu pomiarowego trwa aż dwie sekundy. Podobnie wygląda sytuacja na pozostałych zakresach pomiarowych. Należy więc uwzględnić fakt dwukrotnego wydłużenia cyklu pomiarowego w stosunku do wyliczonego czasu bramkowania. Nie jest to najdoskonalsza z możliwych technik pomiarowych, ale udało się w dość prosty sposób zaimplementować ją w proponowany układ osiągając dobre parametry. Przebiegi charakterystyczne dla omawianego rozwiązania przedstawia **rys. 5**. Na **rysunku 6** znajdują się przebiegi charakterystyczne dla nieco dokonalszej techniki, w której generator wzorcowy asynchronicznie generuje impuls bramkujący o żądanym czasie trwania, a impulsy kasujące i przepisujące trwają ułamki sekundy. Zastosowanie takiego rozwiązania wymusiłoby znaczną rozbudowę układu, a w trakcie prób okazało się, że główna wada opisywanego miernika może się okazać jego ogromną zaletą - długi czas wyświetlania wyniku (w porównaniu z czasem pomiaru) zapobiega na niższych zakresach pomiarowych migotaniu najmniej znaczącej cyfry.

Na płytce bazowej przewidziano miejsce na zainstalowanie mostka prostowniczego M1, kondensatora filtrującego C11 oraz stabilizatora scalonego US9. Jest to rozwiązanie upraszczające obsługę miernika i poprawiające zwartość jego budowy, ale wpływające dość znacznie na dokładność pomiaru - okazało się że scalone generatory są dość podatne na wpływy zmian temperatury otoczenia, co w przypadku dość znacznego grzania się układów dzielnika częstotliwości, stabilizatora US9 (musi być wyposażony w radiator) oraz samego oscylatora, powoduje pewne odchyłki wyników pomiaru w stosunku do rzeczywistości. Dość wyraźnie ta wada objawia się przy pomiarze wyższych częstotliwości z krótkim czasem bramkowania. Lekarstwem na te problemy może być zamontowanie stabilizatora na zewnątrz obudowy miernika i zastosowanie obudowy o dobrym przepływie powietrza.

Standardowym wyposażeniem przewidzianym do wykorzystania w opisywanym mierniku są dwa proste preskalery, czyli dzielniki o ustalonym stopniu podziału. Schematy elektryczne tych preskalerów przedstawia rys. 2. Pierwszy z nich jest standardowym dzielnikiem przez 100 z wejściem TTL. Zapewnia on poprawny po-



Rys. 5. Przebiegi charakterystyczne w opisywanym mierniku.



Rys. 6. Przebiegi dla miernika z asynchronicznym generatorem impulsów bramkujących.

miar sygnałów prostokątnych o częstotliwości do ok. 40..50MHz na zakresie o najkrótszym czasie bramkowania. Teoretycznie możliwy byłby pomiar do 100MHz, ale występują trudności ze zdobyciem układów serii TTL pracujących przy tak wysokich częstotliwościach zegarowych. Dodatkową trudnością są pewne niedokładności wywoływane sekwencjami sterującymi wejściami !STORE oraz !RESET w układzie US1. W przypadku konieczności wykonania pomiarów sygnałów o częstotliwościach rzędu 100MHz i małej amplitudzie zalecane jest wykorzystanie preskalera z rys. 1b. Jest to także dzielnik 1:100, ale ma wbudowany wzmacniacz pozwalający mierzyć przebiegi o amplitudach z zakresu 200mV..1V. Wadą tego preskalera jest brak możliwości pomiaru sygnałów o częstotliwościach poniżej 10MHz.

Parametry miernika osiągnięte w egzemplarzu modelowym:

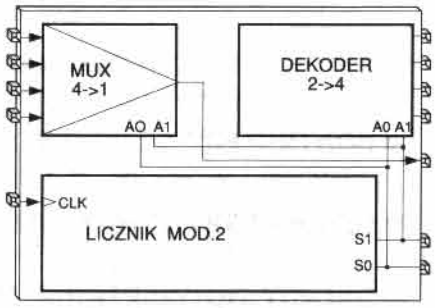
- ilość cyfr znaczących: 4;
- pojemność licznika: 9999 impulsów.
  Przyjęto następujące przedziały zliczania: 99,99 (dwukrotnie dla różnych czasów bramkowania), 999,9; 9.999;
- napięcie zasilania: +5V ±10%;
- dokładność pomiaru (najgorszy wynik): stabilność oscylatora ±1.5%.
  Pominięto niedokładności wywołane ograniczeniem liczby wyświetlanych cyfr;
- pobór prądu (na wyświetlaczu świecą się znaki 0000, fwe=0Hz): 220mA.
  W przypadku zastosowania zamiast GAL16V8LP wersji GAL16V8QP możliwe jest zmniejszenie poboru prądu do ok. 180mA;
- czasy bramkowania: 10s, 1s, 100ms, 10ms.
  Czas trwania cyklu pomiarowego dla każdego zakresu wynosi dwukrotność czasu bramkowania;
- zakres napięć wejściowych: zgodny ze standardem TTL;
- maksymalna częstotliwość sygnału wejściowego (TTL):
  - bez preskalera wewnętrznego: 100kHz
  - z zastosowaniem preskalera 1:100: 10MHz
    Na najwyższym zakresie pomiarowym można dokonywać pomiarów przebiegów do ok. 40..50MHz. Ograniczenie to (teoretycznie dopuszczalny jest przebieg o częstotliwości do 100MHz) jest wywołane nie zawsze stabilną pracą układów TTL serii LS oraz HCT przy tak dużych częstotliwościach;
  - z zastosowaniem preskalera 1:100 z układem Plessey SP8629: 100MHz
    Zastosowanie tej wersji preskalera umożliwia pomiar okresowych sygnałów analogowych o amplitudzie max. 2,5Vp-p. Częstotliwość wejściowa sygnału mierzonego nie może być mniejsza niż 10MHz;
- ilość zakresów pomiarowych, wybieranych sekwencyjnie za pomocą jednego przycisku: 4;
- stosunek czasu cyklu pomiaru/czasu wyświetlania: 1:1.
  Cykl pomiaru jest sygnalizowany zapaleniem diody LED.

Co „siedzi" w GALu?

Układy programowalne są w dalszym ciągu dla większości naszych Czytelników ogromnym novum i z lekka pachną „sztuką magiczną". Kolejna, całkowicie praktyczna, aplikacja GALa być może nieco przybliży idee projektowania tego typu układów - sprawa jest o tyle łatwa, że w EP publikowaliśmy artykuły wprowadzające podstawowe pojęcia z dziedziny programowania tego typu układów.

W opisywanym mierniku układ US3 zawiera układy spełniające następujące funkcje:

- multiplekser 4->1, dzięki czemu możliwa jest selekcja zakresu pomiarowego;
- dwubitowy licznik do adresowania multipleksera, który zlicza imuplsy przychodzące z przerzutnika US4B. Impuls zegarowy jest generowany po każdym wciśnięciu przycisku zmiany zakresu Sw1. Wyjścia tego licznika wyprowadzono na wyróżnione na płytce pola lutownicze, dzięki czemu przy pomocy prostych środków (np. diody LED) można sprawdzić jakość pracy układu;
- dekoder zapewniający odpowiednie sterowanie świeceniem kropek w wyświetlaczach W1..4. Dzięki takiemu rozwiązaniu moż-



Rys. 7. Struktura wewnętrzna GALa.

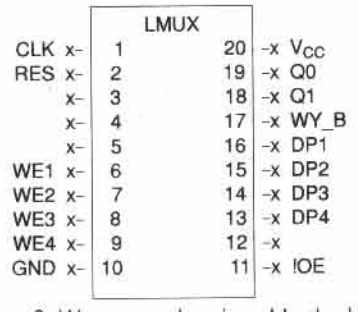
```
Name      LMUX;
Partno    US3;
Date      16/11/94;
Revision  2.4;
Designer  P.Z.;
Company   B T C;
Assembly  None;
Location  None;
Device    g16v8;

/*******************************************/
/*   Sterownik czestosciomierza AVT-263    */
/*        z preskalerem wejsciowym :100    */
/
*******************************************/

/**  Inputs  **/
pin 1  = CLK; /* Wejscie zegarowe            */
pin 2  = RES; /* Wejscie kasowania synchron.*/
pin 6  = WE1; /* ************************** */
pin 7  = WE2; /*  Wejscia multipleksera dla */
pin 8  = WE3; /*    impulsow bramkujacych   */
pin 9  = WE4; /* ************************** */

/**  Outputs  **/
pin 19 = Q0;   /* Wyj. licznika adres. LSB
*/
pin 18 = Q1;   /* Wyj. licznika adres. MSB
*/
pin 17 = WY_B; /* Wyj.multipl. (bramkujace)
*/
pin 16 = DP1;  /* *************************
*/
pin 15 = DP2;  /* Wyj. sterujace swieceniem
*/
pin 14 = DP3;  /*      kropek dziesietnych
*/
pin 13 = DP4;  /* *************************
*/

/** Declarations and Intermediate **/
/** Variable Definitions **/

field COUNT = [Q1,Q0];
$define S0 'b'00 /* ********************** */
$define S1 'b'01 /* Dekl. stanow logicznych */
$define S2 'b'10 /*  na wyjsciach licznika  */
$define S3 'b'11 /* ********************** */

/** Logic Equations **/
WY_B = !Q0 & !Q1 & WE1   /* ****************
*/
     #  Q0 & !Q1 & WE2   /*  Zapis funkcji
*/
     # !Q0 &  Q1 & WE3   /*  logicznej dla
*/
     #  Q0 &  Q1 & WE4;  /*  wyjscia MUX'a
*/

sequence COUNT {
present S0      next S1;
                 out DP3;
present S1      next S2;
                 out DP2;
present S2      next S3;
                 out DP4;
present S3      next S0;
                 out DP3;
}
```

Listing 1

liwe jest bardzo proste dobieranie niemal dowolnego zakresu pomiarowego z odpowiednim sterowaniem kropek dziesiętnych.

Tak więc elementarne rozdzielenie funkcji spełnianych przez układ programowalny o małej skali integracji (do tej grupy zalicza się GAL16V8) wymagałoby „wstawienia" w jego miejsce 3..5 standardowych układów rodziny TTL. Na **rysunku 7** przedstawiono strukturę wewnętrzną układu US3, zaprogramowaną zgodnie z programem z **list. 1**. Jest to projekt o tyle interesujący, że jednocześnie w jednej strukturze zastosowano automat synchroniczny (licznik) i układy kombinacyjne (multiplekser i dekoder). Jest to bardzo dobry przykład obrazujący uniwersalność i dużą elastyczność architektury GAL. Program kompilujący CUPL samoczynnie konfiguruje makrokomórki wyjściowe OLMC do pracy w trybie rejestrowym lub kombinacyjnym. Wyprowadzenia układu US3 wraz z przyjętymi przez autora oznaczeniami przedstawia **rysunek 8**.

Piotr Zbysiński, AVT



Rys. 8 Wyprowadzenia układu US3.

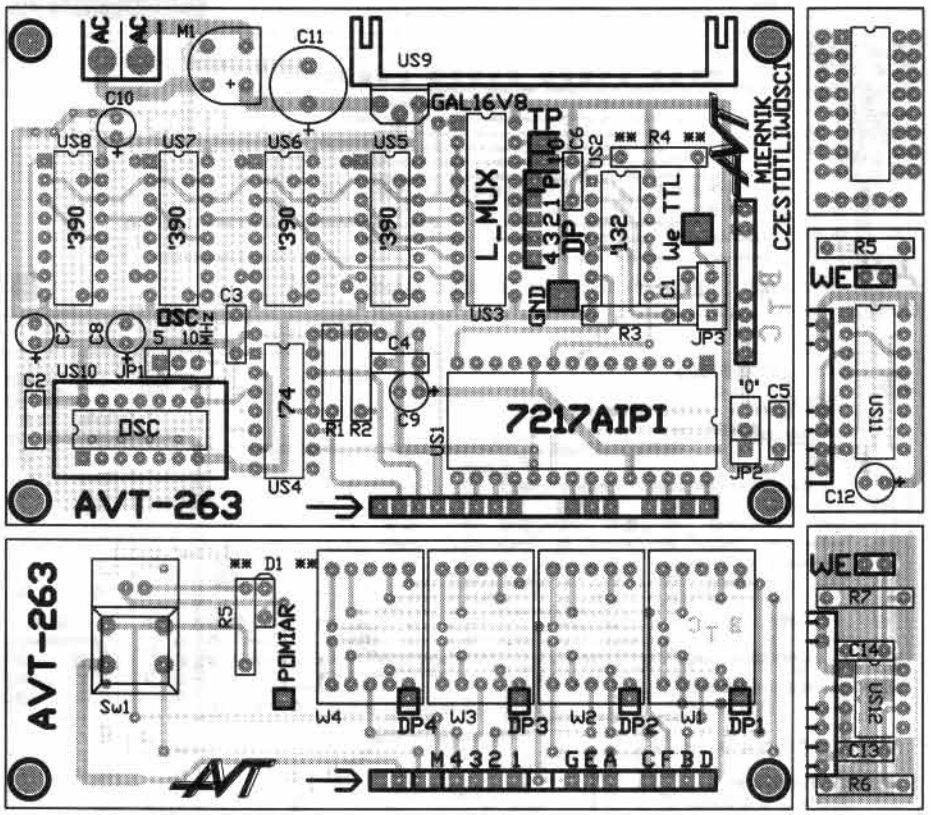
Kontynuujemy opis projektu z okładki EP 2/95. Jest to częstościomierz o bardzo szerokich możliwościach pomiarowych, które drzemią w układzie scalonym ICM 7217. W tej części przedstawiamy zagadnienia dotyczące montażu i uruchomienia przyrządu.

Częstościomierz uniwersalny część 2

kit AVT-263

Montaż i uruchomienie

Płytki drukowane zaprojektowane zostały jako dwustronne z metalizacją, przy czym jedna z nich służy jako panel czołowy (montuje się na niej wyświetlacze i przycisk selekcyjny z diodą sygnalizującą pomiar), natomiast druga jest płytką bazową - znajdują się na niej pozostałe elementy, włącznie z prostym zasilaczem stabilizowanym. Widok zestawu płytek drukowanych z rozmieszczeniem elementów przedstawia **rysunek 9**. Dwustronną mozaikę ścieżek przedstawiono na **rysunku 10**. Połączenie pomiędzy płytkami wykonano za pomocą złącza 11-stykowego, dzięki czemu możliwe jest bardzo łatwe rozmontowanie urządzenia. Dodatkowo w skład zestawu płytek wchodzą dwie małe płytki przeznaczone na preskalery wejściowe. Wszystkie płytki są oferowane w postaci jednej formatki z wyfrezowanymi liniami cięcia, dlatego też przed rozpoczęciem montażu należy rozłamać płytki i opiłować miejsca pozostałe po uchwytach.



Rys. 9. Rozmieszczenie elementów na płytkach drukowanych.

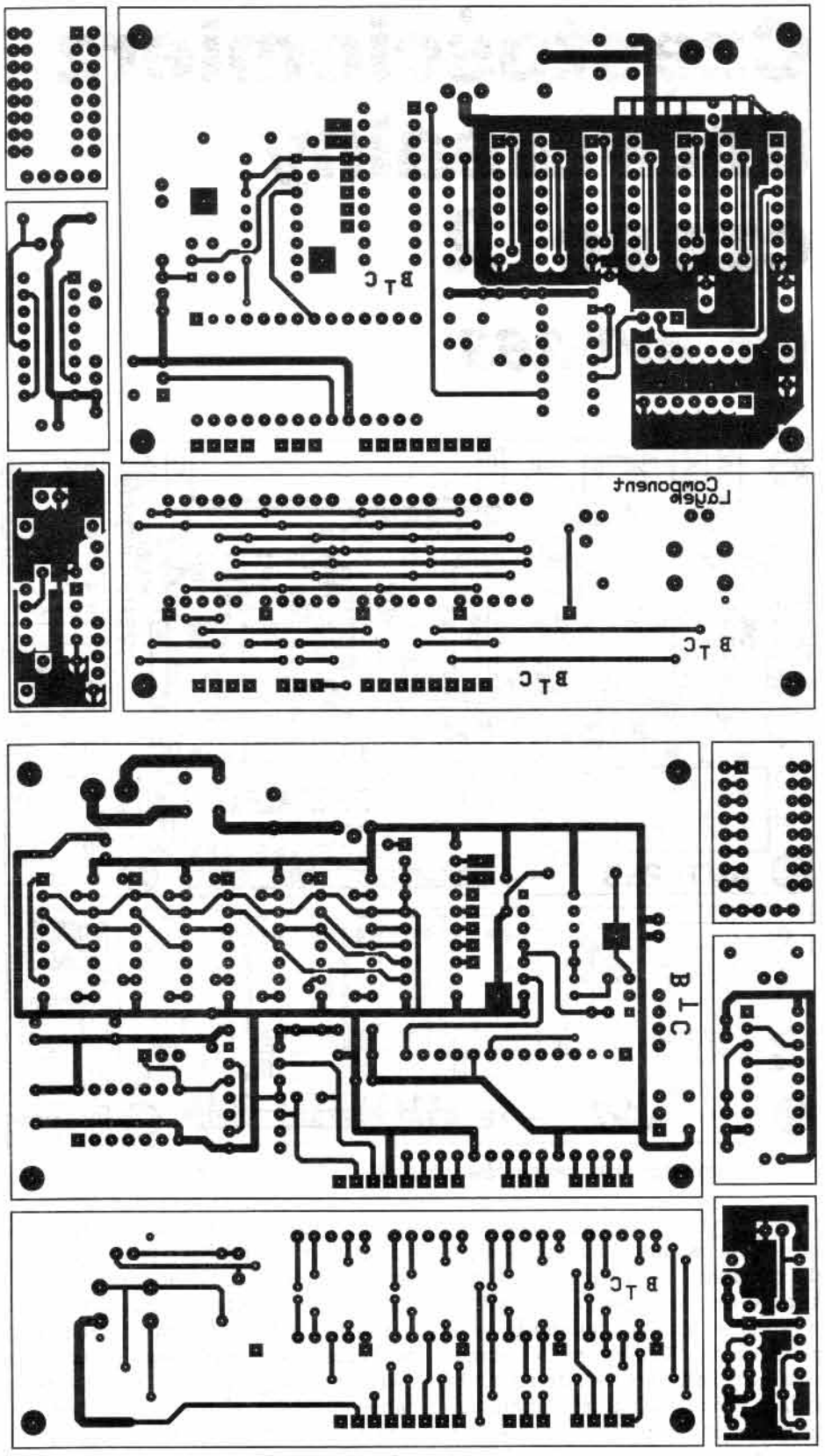
Dla osób lubiących prowadzić eksperymenty dodano do zestawu płytek niewielką płytkę uniwersalną, którą można wykorzystać do wykonania dodatkowego preskalera lub np. wzmacniacza sygnału wejściowego.

Montaż należy wykonać bardzo uważnie, ponieważ w razie ewentualnej pomyłki mogą wystąpić duże problemy z wylutowaniem błędnie wmontowanego elementu. Z tego też powodu jest zalecane stosowanie podstawek pod wszystkie układy scalone i generator kwarcowy US10.

W zależności od potrzeb montujemy wybraną wersję preskalera, następnie w polu przeznaczonym do montażu instalujemy go, wykorzystując srebrzankę lub złącze wykonane np. ze standardowych gold-pinów. Kondensatory blokujące zasilanie w preskalerze z układem Plessey'a należy montować bezpośrednio przy końcówkach układu US12 (masa - k.3 i k.4, „plus" zasilania - k.1 i k.8).

Ostatnią czynnością montażową jest wykonanie połączenia przewodami pomiędzy płytką wyświetlaczy i płytką bazową. Trzeba połączyć punkty oznaczone jako DP1..4 z tak samo opisanymi punktami na płytce bazowej. Podobnie punkt oznaczony POMIAR (sterowanie diodą świecącą D1) łączymy przewodem z punktem oznaczonym P na płytce bazowej. Możliwe jest wykonanie standardowego połączenia lutowanego lub też wykorzystanie prostego złącza pięciostykowego (po stronie płyty bazowej).

Jako przełącznik zakresu Sw1 można zastosować dwa typy przycisków: ARRS 34L (z wbudowaną diodą LED) lub ARRS 34 (bez diody). Z tego też powodu na płytce wyświetlaczy znajduje się dodatkowe miejsce na diodę D1 (będzie ona dotarczana w zesta-



Rys. 10. Mozaika ścieżek dwustronnej płytki drukowanej.

wie AVT-263). Niezależnie od typu przycisku zawsze montujemy rezystor R5, ograniczający prąd płynący przez diodę świecącą.

Do uruchomienia układu niezbędny będzie próbnik stanów logicznych, oscyloskop lub kilka diod świecących. Najlepiej jest rozpocząć, przed zamontowaniem układów US1 oraz US3, od kontroli pracy oscylatora i dzielników US4A (w przypadku korzystania z oscylatora 10MHz), US5..8. Kontrola ich pracy polega na sprawdzeniu czy na wyjściach liczników pojawiają się impulsy prostokątne. Dobrym rozwiązaniem jest kolejna weryfikacja przebiegów na tych samych wyjściach (np. QA wszystkich liczników), ponieważ po każdym kolejnym stopniu podziału otrzymujemy przebieg o częstotliwości 10-krotnie mniejszej. Selekcji stopnia podziału w zależności od zastosowanego oscylatora dokonuje się za pomocą jumpera JP1.

Tab. 1.

Stan licznika wewnątrz US3	Wskazanie wyświetlacza	Zakres pomiarowy
00	00.00	100kHz
01	000.0	1MHz
10	0.000	10MHz
11	00.00	100MHz

Kolejnym krokiem może być sprawdzenie pracy przerzutnika taktującego US4B. Za pomocą diody LED z włączonym w szereg rezystorem ok. 390Ω, podłączonej do wyjścia Q lub Q\ przerzutnika, sprawdzamy czy naciśnięcie przycisku Sw1 powoduje zmianę stanu na wyjściu na przeciwny.

Możemy teraz włożyć w podstawkę układ US3. Potrzebne będą trzy diody LED (z rezystorem jak poprzednio) do sprawdzenia pracy multipleksera i licznika zintegrowanego w strukturze GALa. Diody podłączamy do wyjść S0 oraz S1 (odpowiednio końcówki 19 i 18 US3), katodami do masy. Dzięki takiemu połączeniu świecenie diody będzie oznaczać stan logiczny „1". Trzecią diodę podłączamy do wyjścia multipleksera (k.17 US3).

Po włączeniu zasilania diody podłączone do wyjść stanów licznika nie powinny świecić, a po każdym wciśnięciu przycisku Sw1 stan licznika powinien się zmieniać o 1, tzn. powinny pojawiać się kolejno kombinacje (odpowiednio S1, S0): 00, 01, 10, 11, 00, 01, itd. Jednocześnie na wyjściu multipleksera powinny pojawiać się przebiegi o różnych częstotliwościach, zależnych od stanu licznika. Dość łatwo można to zaobserwować za pomocą diody świecącej LED dołączonej do wyjścia multipleksera. Ten sam sygnał steruje świeceniem diody LED D1 zamontowanej na płytce panelu

WYKAZ ELEMENTÓW

Częstościomierz

Rezystory
R1, R2: 4,7kΩ
R3, R4: 6,8kΩ
R5: 390Ω

Kondensatory
C1: 1,2nF
C3, C4, C5, C6: 100nF
C7, C8, C9, C10: 22μF/10V

Półprzewodniki
D1: LED 5mm. W przypadku zastosowania przełącznika Sw1 z diodą nie jest potrzebna
US1: ICM7217AIPI Harris, Maxim itp.
US2: 74LS132
US3: G16V8BLP-25 zaprogramowany
US4: 74LS74
US5, US6, US7, US8: 74LS390
W1, W2, W3, W4: wyświetlacze WK pojedyncze

Różne
JP1, JP2, JP3: jumper 1x3 z zatyczkami
SW1: mikroswitch z LEDem (ew. z D1)
S10: OSC10MHz lub 5MHz Valvo, IDQ, Toycom, itp.
złącze 11 stykowe kpl.

Preskaler TTL

Rezystory
R6: 1kΩ

Kondensatory
C12: 22μF

Półprzewodniki
US11: 74LS390

Preskaler z układem Plessey'a

Rezystory
R7: 50Ω
R8: 6,2kΩ

Kondensatory
C13: 10nF
C14, C16: 100nF
C15: 22μF

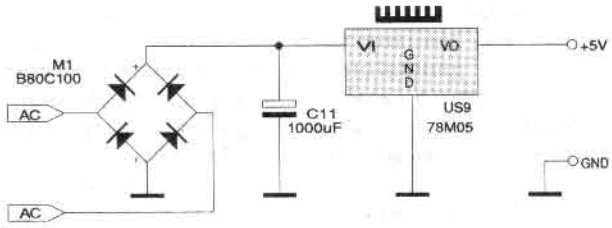
Półprzewodniki
US12: SP8629

Zasilacz

Kondensatory
C11: 1000μF/16V

Półprzewodniki
US9: LM78M05 lub podobny (z radiatorem)

Różne
M1: mostek prostowniczy 1A/50V
ARK podwojne



Rys. 11. Schemat elektryczny zasilacza.

kontrolnego. Wraz ze zmianą stanu licznika na wyjściach dekodera sterującego świeceniem kropki dziesiętnej pojawiają się stany logiczne „H", powodujące zapalenie odpowiedniej dla danego zakresu pomiarowego kropki. Dla preskalera o stosunku podziału 1:100 (lub jego krotności x1000) dekoder pracuje zgodnie z **tabelą 1**. Dekoder można sprawdzić za pomocą diod świecących lub wyświetlaczy W1..4, przy czym katody wszystkich wyświetlaczy należy zewrzeć z masą zasilania (przy wyjętym z podstawki US1!). Inną możliwością jest zamontowanie układu US1 i skontrolowanie, czy świecenie kropek wyświetlaczy jest zgodne z zapisem z tab. 1.

Oprócz jumpera JP1, służącego do selekcji częstotliwości zegarowej oscylatora wzorcowego, na płytce bazowej znajdują sie dodatkowo dwa jumpery:

- JP2, który służy do ustalenia trybu wyświetlania. Możliwe są dwa: z zerem wiodącym, charakteryzujący się wyświetlaniem wskazania 0000 (przy braku impulsów wejściowych) oraz bez zera wiodącego, co przejawia się wyświetlaniem wskazania WWW0 (j.w.). „W" oznacza wygaszoną pozycję wyświetlacza;
- JP3, służący do wyboru trybu pracy z preskalerem lub bez niego. W zależności od typu zastosowanego preskalera dostępne są różne zakresy pomiarowe, możliwe jest także zastosowanie dodatkowego wzmacniacza sygnału, dostosowującego mierzony przebieg do wejścia TTL.

Zastosowanie tych jumperów ma za zadanie zapewnić możliwość indywidualnego skonfigurowania przyrządu przez użytkownika.

Piotr Zbysiński, AVT