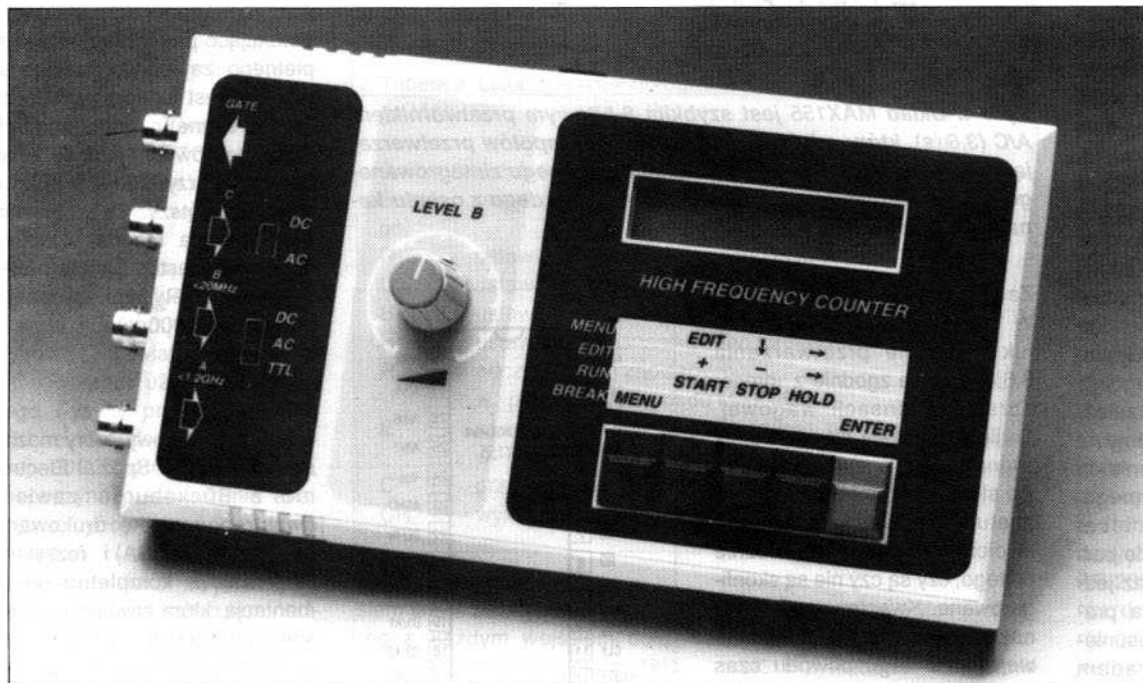


WIELOFUNKCYJNY CZĘSTOŚCIOMIERZ 1,2GHz

CZĘŚĆ 1



Na pewno nie możesz sobie pozwolić na przeoczenie przyrządu opisanego w niniejszym trzyczęściowym artykule, jest to bowiem prawdopodobnie najnowocześniejszy obecnie częstotliwościomierz/generator impulsów jaki możesz zbudować samodzielnie. Rzetelne pomiary częstotliwości i czasu, mikroprocesorowe sterowanie, możliwość zasilania z baterii, wyświetlacz LCD, system menu, zwartość i przenośność, sprawiają, że jest on godnym następcą słynnego, opracowanego przez nas w 1985, częstotliwościomierza sterowanego mikroprocesorem, którego tysiące egzemplarzy są używane na całym świecie.

B. C. Zschocke

Zastosowanie mikroprocesora o dużej mocy obliczeniowej spowodowało niespodziewany, ale wielce korzystny zwrot w przebiegu projektowania omawianego tu miernika, bowiem w rezultacie to co miało być początkowo prostym (zwykłym) częstotliwościomierzem, przeistoczyło się w wielofunkcyjny przyrząd pomiarowy, którego koszt wykonania stanowić może zaledwie ułamek ceny przyrządu fabrycznego o podobnych parametrach. Podstawą tych działań było następujące rozumowanie: jeśli prosty miernik jest w stanie mierzyć częstotliwość i długość impulsów,

to czemuż by dodatkowo nie uzyskać jeszcze możliwości odwrócenia tych funkcji, przez wyposażenie go w mikrokontroler o dużej mocy obliczeniowej, a więc równie dobrze wytwarzać też sygnały o zadanych (programowanych) parametrach. Zwłaszcza, że projektowany przyrząd miał być sterowany zegarem kwarcowym, a algorytm (procedury) pomiarowe są dostępne. I w ten sposób, rozbudowując przy tym oprogramowanie sterujące, z prostego częstotliwościomierza zrobiono opisany tutaj wielofunkcyjny przyrząd pomiarowy. W rezultacie otrzymaliśmy wszech-

stronny, dokładny i nadzwyczaj wyrafinowany przyrząd pomiarowy, którego opisu mogłeś oczekiwać, Drogi Czytelniku, oczywiście tylko w piśmie "ELEKTOR ELEKTRONIK".

Oto krótka charakterystyka właściwości tego miernika:

- uniwersalny licznik i generator impulsów,
- zasilany z sieci lub z baterii,
- przenośny,
- alfanumeryczny dwuliniowy wyświetlacz LCD,
- sterowany systemem menu,
- wyposażony w interfejs szeregowy do połączenia z PC,
- tani — brak drogich elementów.

Wybór mikrokontrolera do sterowania przyrządu nie był trudny. Układ 80C32 firmy Intel jest CMOS-owym kontrolerem o niskim poborze prądu, a więc może być zasilany z baterii, ponadto ma porty wymagane do sterowania dwuliniowym wyświetlaczem LCD oraz do dołączenia peryferyjnych układów pomiarowych i przesyłania danych interfejsem szeregowym. Pozwala to uprościć konstrukcję miernika, wymagając dołączenia tylko kilku dodatkowych bramek, pamięci EPROM, z której jest uruchamiany program sterujący, bloku kształtowania impulsów analogowych oraz wyświetlacza LCD. Wyświetlacz

SPECYFIKACJA

Właściwości

2 wejścia z wybieranym sprzężeniem AC/DC
1 wejście TTL
Wyjście GATE (odporne na zwarcia)
Interfejs szeregowy RS232 do PC
Port rozszerzenia
Zasilanie z sieci lub baterii
Dwuliniowy (2x16 znaków) alfanumeryczny wyświetlacz LCD
Pomiary ciągle lub jednokrotne
Zwarta obudowa (20x11x3,5cm), niewielka masa
Doskonały współczynnik cena/użyteczność

Zakresy pomiarowe

Częstościomierz: 1mHz do 1,2GHz
Czasomierz (okresomierz): 1ps do 4000s
Obrotomierz: 0,001 do 4×10^6 obr/min
Licznik zdarzeń (impulsów): 1 do ok. 4×10^9
Licznik zerowy: 1 do 4×10^9

Parametry generatora

Szerokość (czas) impulsu: 1μs do 4000s
Okres (częstość) impulsów: 8500s (0,117mHz) do 4μs (250 kHz)
Współczynnik wypełnienia: 1:1 do 1:4x10⁹
Liczba cykli: 1 do 4×10^9

Nastawy definiowane przez użytkownika

Pomiar jednokrotny/wielokrotny
Czas bramkowania
Wyświetlanie pośrednich wyników pomiaru
Analiza cyklu (dokładny pomiar niskich częstotliwości przy krótkim czasie bramkowania)
Składowa stała (poziom zerowy)
Polaryzacja impulsów
Dźwięk włączony/wyłączony

Procedury testujące

Test wyświetlacza LCD
Test główny
Test łącza szeregowego

drugi do zliczania impulsów. Niestety, przy takim rozwiązaniu największa częstotliwość jaką można zmierzyć, jest 24-krotnie mniejsza niż częstotliwość oscylatora. Oczywiście, taki układ nie mógłby pracować przy częstotliwości 1,2GHz, dlatego też do rozwiązania tego problemu użyto dzielnika częstotliwości, tzw. preskalera (ang. prescaler). Prescaler jest pokazany w lewym dolnym rogu schematu blokowego na **rys. 1**. Sygnał wejściowy może być doprowadzony w dwojaki sposób: przez kanał A i GHz-prescaler (IC10), lub przez kanał B i przedwzmacniacz T1-T4-T5. Multiplexer wybiera jeden z torów i podaje sygnał do następnego preskalera - IC5. W rzeczy samej, układ IC5 powinien być nazywany raczej 'licznikiem wstępnym', aniżeli 'preskalarem' lecz może to być mniej wygodne. Wyjście przeniesienia IC5 zapewnia odpowiednio długie impulsy dla wejść licznika/timera T0 i T1. Działanie preskalera jest sterowane przez port P1.7 mikrokontrolera. Sygnał CCLKEN\preskalera jest także sygnałem bramkowania licznika, który wzmacniony przez T7-T8 jest wysyłany do wyjścia GATE przyrządu. To wyjście dostarcza także impulsy bramkowania gdy układ pracuje jako generator impulsowy.

Kanał C, pozwalający ustawiać różne warunki wyzwalania (zbocze narastające lub opadające), jest dołączony do wejścia przerwań mikrokontrolera. Umożliwia to realizację programową obsługi warunków wyzwalania.

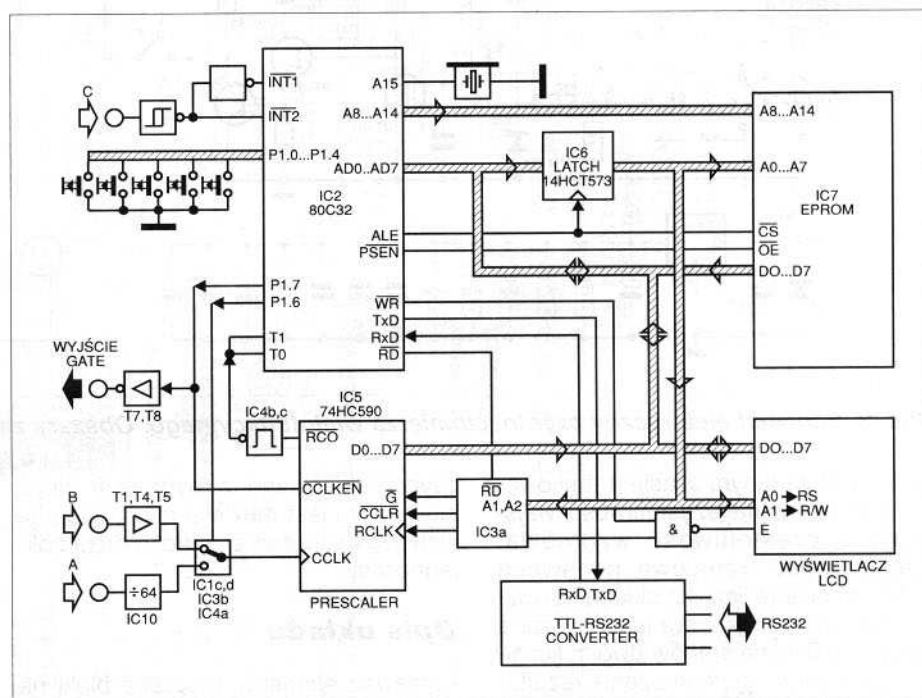
Działanie częstościomierza jest oparte o zasadę odwróconego zliczania im-

LCD wyświetla zarówno wyniki pomiarów, jak i komunikaty menu, ułatwiające użytkownikowi wybieranie parametrów pomiarowych (dla poszczególnych typów pomiarów) lub trybu pracy generatora impulsowego.

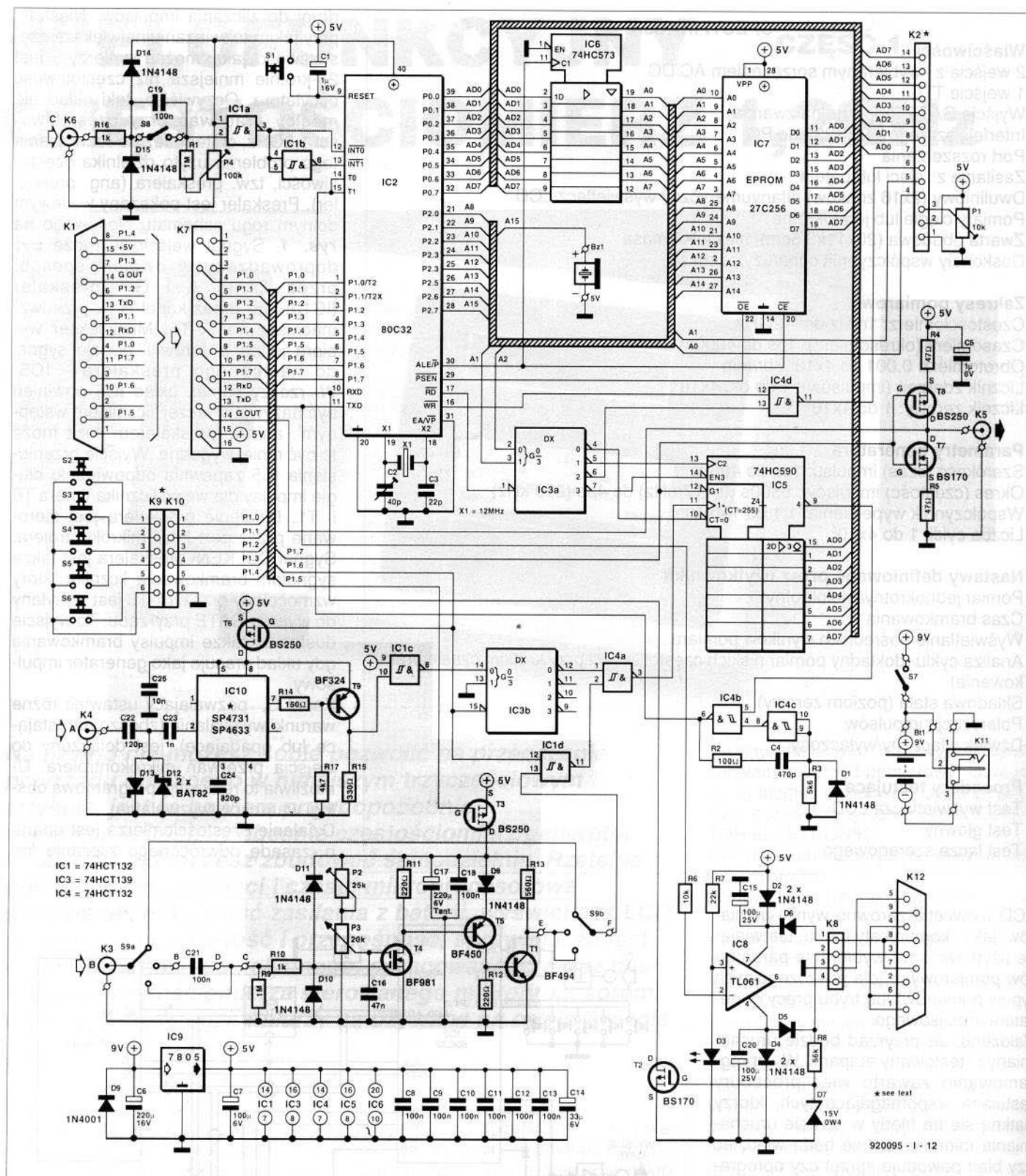
Założono, że przyrząd będzie uruchamiany i testowany etapami. W oprogramowaniu zawarto więc procedury testujące wspomagające tych, którzy natkną się na błędy w czasie uruchamiania miernika, a nie będą wiedzieć czy błąd powoduje sprzęt czy oprogramowanie (jest to częsty problem w sprzęcie sterowanym mikroprocesorem). Procedury testujące powinny pomóc czytelnikowi wykryć błąd krok po kroku, w raczej łatwy sposób, o ile nie wystąpi błąd na szynie adresowej.

Schemat blokowy

Mikrokontroler 80C32 ma trzy liczniki. Są one wykorzystywane w działaniu częstościomierza. Jeden jest używany do wyznaczania czasu bramkowania,



Rys. 1. Schemat blokowy wielofunkcyjnego częstościomierza.



Rys. 2. Schemat elektryczny częstotliwościomierza wielofunkcyjnego. Obszary zacienione muszą być ekranowane.

pulsów. W zadanym czasie bramkowania jest mierzona częstotliwość wejściowa i częstotliwość wzorcowa. Częstotliwość wzorcowa podawana jest do trzeciego licznika układu 80C32. Częstotliwość wejściowa jest obliczana przez podzielenie stanów dwóch liczników, a następnie pomnożenie rezultatu przez częstotliwość wzorcową. Jeżeli bramkowanie licznika jest dobre

zsynchronizowane z sygnałem wejściowym, to jest możliwe mierzenie niskich częstotliwości z bardzo dużą dokładnością.

Opis układu

Ponieważ elementy tworzące bloki na schemacie blokowym (**rys. 1**) są łatwe do odnalezienia na schemacie elek-

| trycznym (**rys. 2**), ograniczymy się tylko do uwag o rzeczach "nieoczywistych". |

Wejście A służy do pomiarów wysokich częstotliwości (>20MHz). Sygnał o wysokiej częstotliwości jest podawany do GHz-preskalera poprzez kondensatory sprzęgające C22-C23. Dwie diody Schottky'ego, D12 i D13, ograniczają zakres zmian napięć wejścio-

LISTA ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R9: 1M Ω
 R2: 100 Ω
 R3: 5,6k Ω
 R4, R5: 47 Ω
 R6: 10k Ω
 R7: 22k Ω
 R8: 56k Ω
 R10, R16: 1k Ω
 R11, R12: 220 Ω
 R13: 560 Ω
 R14: 150 Ω
 R15: 330 Ω
 R17: 4,7k Ω
 P1: 10k Ω pot. mont.
 P2: 25k Ω pot. mont.
 P3: 20k Ω pot. liniowy
 P4: 100k Ω pot. mont.

Kondensatory

C1: 1 μ F, 16V
 C2: 40pF trymer
 C3: 22pF
 C4: 470pF
 C5: 1 μ F 6,3V
 C6: 220 μ F 16V
 C7: 100 μ F 6,3V
 C8-C13, C18, C19, C21: 100nF
 C14: 33 μ F 10V tantal
 C15, C20: 100 μ F 25V
 C16: 47nF
 C17: 220 μ F 6,3V tantal
 C22: 120pF
 C23: 1nF
 C24: 820pF
 C25: 10nF

Półprzewodniki

D1, D2, D4, D5, D6, D8, D10, D11, D14, D15:
 1N4148
 D3: LED zielony 3mm śr.
 D7: 15V 0,4W dioda Zenera
 D9: 1N4001
 D12, D13: BAT82
 T1: BF494
 T2, T7: BS170
 T3, T6, T8: BS250
 T4: BF981
 T5: BF450
 T9: BF324
 IC1, IC4: 74HCT132
 IC2: 80C32
 IC3: 74HCT139
 IC5: 74HC590
 IC6: 74HCT573
 IC7: 27C256 EPROM
 IC8: TL061
 IC9: 7805
 IC10: SP4731 lub SP4633 (Plessey)
 Odpowiedniki:
 SDA4212 (Siemens),
 U664B (Telefunken),
 SAB6456 (Philips)

Różne

Bt1: bateria 9V
 Bz1: głośniczek piezoelektryczny 5V
 K1: 15-stykowe gniazdo szufladowe
 K2: 14-stykowe gniazdo i wtyk typu SIL
 K3-K6: gniazdo BNC o pojedynczym styku
 K7: 14-stykowe gniazdo prostokątne
 K8: 4-stykowe gniazdo typu SIL

K9, K10: 6-stykowe gniazdo typu SIL (lub pasek z podstawki typu DIL)
 K11: gniazdo zewnętrznego zasilania
 K12: 9-stykowe gniazdo szufladkowe
 S1: przycisk montowany na płytce drukowanej (Multimec CTL2)
 S2-S6: przycisk (Digitast)
 czarny klawisz (szer. 12mm)
 czerwony klawisz (szer. 12mm)
 S7, S8: mikroprzełącznik suwakowy jednopozycyjny, jednobiegunowy
 S9: mikroprzełącznik suwakowy 3-pozycyjny, dwubiegunowy
 X1: kwarc 12MHz
 Wyświetlacz LCD 2x16 znaków; 1 rząd 14 połączeń

Typy preferowane:

LTN211F10 (Philips),
 LM016L (Hitachi),
 EA-D16025AR (Seiko-Epson)
 obudowa ABS, Bopla EG2030
 uchwyt baterii 9V, Bopla BE30
 kontakt baterii 9V z przewodami
 śruby M2, 5x16mm lub M2, 5x20mm, 4 szt.
 nakrętki M2,5, 8 szt.
 śruby M3x16 lub M3x20, 4 szt.
 nakrętki M3, 8 szt.
 podstawki pod układy scalone IC1-IC8, IC10
 końcówki lutownicze, 1mm śr.
 płytka drukowana plus oprogramowanie,
 kod handlowy 920095
 folia płyty czołowej, kod 920095-F

wych do maksymalnie $\pm 0,3V$. W tym miejscu warto by rozważyć listę odpowiedników lub zamienników układu GHz-preskalera. Niestety, kilka z nich, w tym SDA4212, U664B, SAB6465 i SP4731, ma tendencję do wzbudzenia się, jeżeli do wejścia nie jest doprowadzony żaden sygnał. Miernik podaje wtedy przypadkowe częstotliwości. Jest to normalne i nie należy zwracać na to uwagi. Inne układy, jak np. SP4633, są stabilne w przypadku braku sygnału wejściowego, lecz mają niewystarczające wzmocnienie przy częstotliwościach poniżej 50MHz. Tranzystor w.cz. (RF), T9, przekształca sygnał wyjściowy preskalera w przebieg TTL. Ponieważ układ scalony GHz-preskalera pobiera w stanie spoczynku 50mA, założono możliwość wyłączenia go, kiedy nie jest używany. Osiągnięto to, stosując tranzystor T6 (MOSFET), sterowany przez port P1.6 mikroprocesora.

Wejście B jest przeznaczone dla sygnałów o częstotliwościach niższych od

20MHz. Wejściowy przełącznik S9 kanału B pozwala wybrać pomiędzy: (1) wejściem TTL (bez wzmocnienia), (2) sprzężeniem zmiennoprądowym AC lub (3) sprzężeniem stałoprądowym DC. Zależnie od położenia przełącznika, sygnał wejściowy kanału B jest podawany na wyprowadzenie 13 układu IC1d lub poprzez R10 i diody zabezpieczające D10-D11 na bramkę 1 tranzystora T4 (tetroda MOS, DG-MOSFET). Potencjometr P3 umożliwia dobranie punktu pracy wzmacniacza MOSFET odpowiednio do wymaganej czułości. Tranzystory T4 i T1 wzmacniają i przekształcają sygnał wejściowy do postaci TTL. Wzmacniacz ten jest na tyle czuły, że może wzmacniać nawet wahania napięcia zasilającego, obecność kondensatorów odsprężających C17 i C18 ma temu zapobiec. Aby zredukować pobór prądu, można wyłączyć zasilanie konwertera poziomu TTL (analogicznie jak zasilanie GHz-preskalera); wyłącznikiem jest w tym przypadku tranzystor T3, też MOSFET.

Potencjometr montażowy P2 służy do ograniczenia zakresu regulacji potencjometra P3.

Wejście C nie jest wyposażone w przedwzmacniacz. Aby jednak zapewnić możliwie największą czułość, wprowadzono polaryzację wstępną wejścia Schmitt'a bramki IC1a. Napięcie wstępne odpowiada środkowi petli histerezy wejścia Schmitt'a i jest regulowane potencjometrem montażowym P4. Należy jednak zwrócić uwagę, że polaryzacja wstępna działa tylko wtedy, gdy S8 jest ustawiony w pozycji sprzężenia zmiennoprądowego AC. Elementy R16 i D14-D15 zabezpieczają wejście.

Multiplekser kanałów A i B jest zbudowany z części demultipleksa IC3. Sygnał wejściowy kanału A, ukształtowany i zanegowany przez IC1c, jest dołączany do jednego z wyjść multipleksa pod nadzorem sygnału podanego do wejścia ENABLE (wyprowadzenie 15). Stosowne wyjście jest wybierane przez kombinację poziomów

logicznych podanych na wejścia 0-1. Ponieważ sygnał wejściowy jest podany na wejście 0, to wykorzystywane są tylko wyjścia 0 i 1 (wyprowadzenia 12/11). Kiedy sygnał wejściowy jest w stanie niskim, wyjście 0 odwzorowuje sygnał wejściowy, a wyjście 1 jego negację. Kiedy sygnał wejściowy jest w stanie wysokim, wszystkie wyjścia demultipleksera są w stanie wysokim. W tym samym czasie, poprzez IC1d dostępny jest kanał B. Sygnały kanałów A i B są mieszane w układzie IC4a.

Bramki Schmitta IC4b i IC4c tworzą przerzutnik monostabilny, służący do wydłużania impulsów przeniesienia po-

chodzących z licznika zewnętrznego IC5. Długość impulsu jest określona przez R3 i C4. Dioda D1 i rezystor R2 chronią wejście i wyjście tego obwodu przed szpilkami pojawiającymi się na końcach impulsów. Jeśli impuls przeniesienia jest dłuższy niż czas impulsu przerzutnika, to przerzutnik nie działa.

Tranzystory T7 i T8 sterują wyjściem GATE przyrządu. Rezystory R4 i R5 ograniczają prądy dren-źródło tranzystorów MOSFET, zabezpieczając dodatkowo wyjście przed zwarcie.

Konwerter TTL-RS232 jest oparty na układzie IC8 i tranzystorze T2. Nie jest wymagane oddzielne napięcie zasilania

+12V, ponieważ jest ono pobierane z portu RS232 komputera PC. Jeśli jest on poprawnie zainicjalizowany i nie używany, to na linii TxD (nadawanie danych - ang. Transmit Data) występuje napięcie -12V, a na linii RTS (żądanie nadawania -- ang. Request to Send) -- napięcie +12V. Napięcie zasilania -12V otrzymuje się na kondensatorze C20 (poprzez diodę D5), zaś napięcie +12V na kondensatorze C15 (poprzez diodę D6). Diody D2 i D4 zabezpieczają obwód w przypadku, gdyby nie został dołączony interfejs RS232, lub nie został zainicjalizowany poprawnie. IC8 przekształca sygnały z wyjścia szeregowego mikrokontrolera