

Elektroniczna stacja meteorologiczna, część 1

Centrum pogodowe zostało specjalnie zaprojektowane w celu utworzenia domowego „Biura meteo”. W połączeniu z dowolnym PC-tem będzie monitorowało siedem parametrów pogody: szybkość wiatru, jego kierunek, ciśnienie atmosferyczne, wilgotność, opady deszczu, temperaturę i intensywność oświetlenia. Schemat blokowy całego „METEO” wraz ze sprzęgiem komputerowym jest przedstawiony na rys. 1.

Budowa układu

Podczas projektowania Stacji Meteo przyjęto nieco inne założenia niż zazwyczaj. Zwykle w układach tego rodzaju używa się wielu potencjometrów montażowych, za pomocą których doregułuje się czułość czujników, na-

pięcia progowe, koryguje tolerancje elementów itp. Niekiedy układy niektórych czujników łączy się z innymi czujnikami.

W tym jednak wypadku układ ma współpracować z komputerem, dokonywanie większości poprawek powinno się zatem pozostawić programowi. Takie rozwiązanie ułatwia, bez komplikowania układu, modyfikowanie danych dostarczanych przez poszczególne czujniki sygnałami z innych czujników.

Sposób, w jaki tego rodzaju poprawki są przez program wprowadzane, można będzie zobaczyć w listingu programu przykładowego. Program został napisany w GW-Basic, chociaż jest także krótka opcjonalna procedura w kodzie maszynowym, skracająca czas dostępu do danych. W zależności od okoliczności, poprawki zestawione w liście załączonej do przykładu łatwo mogą zostać zmienione, jak również dopisane jeszcze inne.

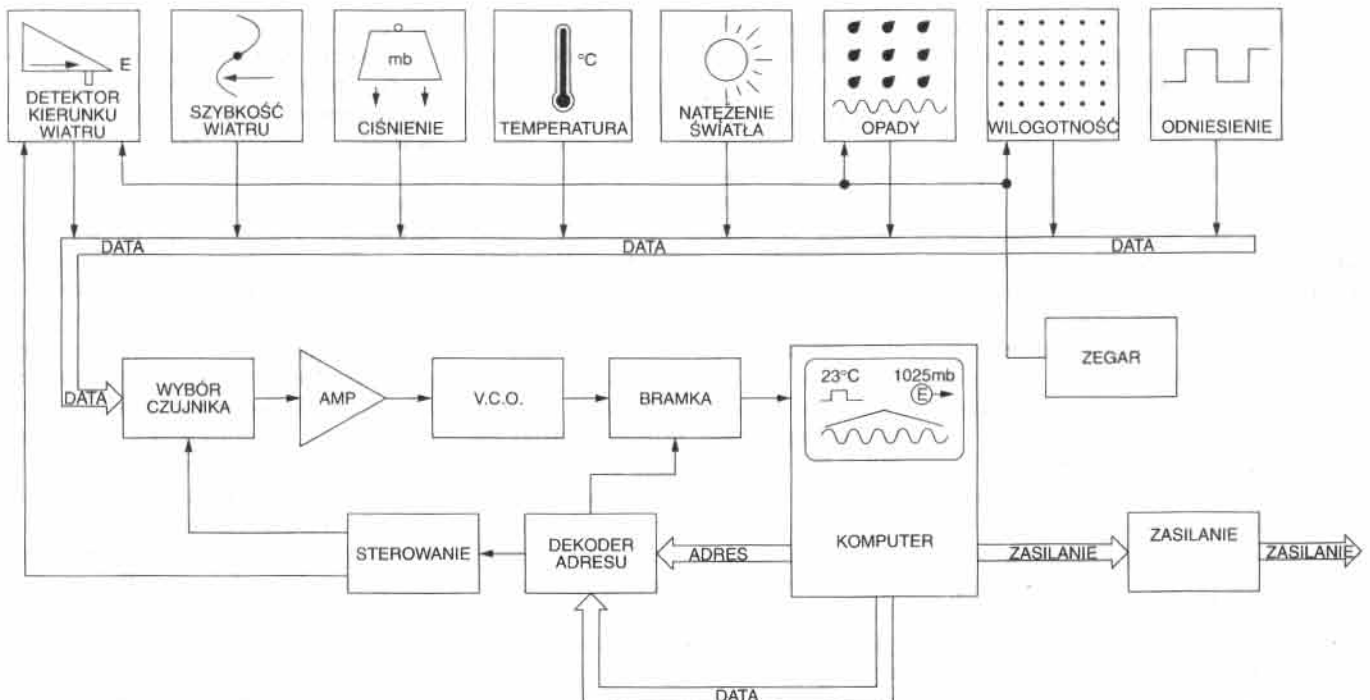
Przykładowy program regularnie odczytuje dane ze wszystkich

czujników, koryguje je, w razie potrzeby odnosi do innych danych i przetwarza z odczytów napięciowych na właściwe jednostki, milibary, stopnie Celsjusza, namiary kompasu, kilometry na godzinę itd. Wyniki po sformatowaniu są wyświetlane na ekranie komputera.

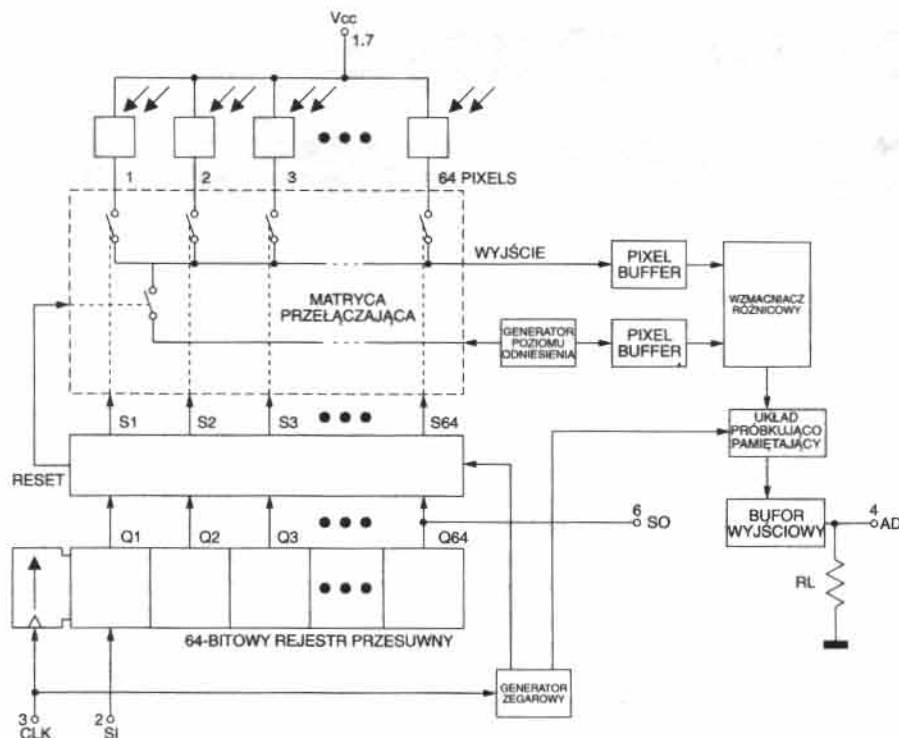
Program w Basicu, wyłączając procedurę w języku maszynowym, może zostać łatwo przetłumaczony na inne odmiany tego języka niż GW-Basic, na przykład Quick-Basic. Ten ostatni może zresztą zostać użyty niemal bez zmian.

Do programu dołączono procedurę druku, ale procedur zapisu na dysk i odczytu z dysku nie uwzględniono. W następnej części czytelnicy znajdą odnośnik do informacji z przykładami tych procedur. Redakcja i autor żałują, że nie mogą służyć radą na temat stosowania opisywanego układu z innymi komputerami niż kompatybilne z PC.

Początkowo istniała nadzieja, że „METEO” da się zaprojektować



Rys. 1. Schemat blokowy, przedstawiający zestaw „METEO”.



Rys. 2. Wewnętrzny schemat blokowy czujnika optycznego Texas Instruments TSL214.

jako urządzenie całkowicie półprzewodnikowe, bez jakichkolwiek mechanicznych części ruchomych. Przy początkowych rozważaniach wydawało się, że można skonstruować detektory szybkości i kierunku wiatru wykorzystując czujniki ciśnienia lub przetworniki ultradźwiękowe.

Najpierw podjęto doświadczalne próby użycia czujnika barometrycznego do pomiaru szybkości wiatru. Opierały się one na prostym zjawisku zwiększania się ciśnienia ze wzrostem szybkości.

Wydawało się, że gdy użyje się dwóch czujników ciśnienia, jednego zwróconego w kierunku wiatru, a drugiego monitorującego statyczne ciśnienie atmosferyczne w zamkniętym pomieszczeniu, to z porównania odczytów obu czujników można będzie otrzymać dane o szybkości wiatru. W celu sprawdzenia tej teorii rozpoczęto doświadczenia.

Doświadczenia z ruchomą platformą doświadczalną do testowania szybkości wiatru okazał się samochód autora. Prototyp wysokościomierza został więc umocowany do deski rozdzielczej samochodu po stronie pasażera. Drugi zestaw wysokościomierza został umieszczony na zewnątrz samochodu.

Autor przeprowadzał testy na drogach lokalnych i na autostradzie. Podczas wielokrotnego przemierzania tych samych tras notowano szybkość samochodu i odczytywano szybkość wiatru. Kierunek w jakim zwrócony był czujnik także zmieniano, aby sprawdzić czy ciśnienie czy podciśnienie (ssanie) wiatru daje lepsze wyniki.

Zebrałe dane były następnie wprowadzane do komputera, przetwarzane przy pomocy prostego programu i wykreślane na papierze. Na pierwszy rzut oka działanie tego systemu wydawało się poprawne, za pomocą prostego układu ze zmian ciśnienia barometrycznego otrzymywało się szybkość wiatru.

Sygnal czujnika był minimalnie większy, gdy był on skierowany w bok od kierunku wiatru. Jednakże zmiany ciśnienia stawały się znaczące dopiero powyżej 30km/h. Okazuje się, że ciśnienie rośnie proporcjonalnie do kwadratu szybkości wiatru, zatem zmiany ciśnienia przy małych szybkościach wymagają dużego wzmocnienia sygnału czujnika, podczas gdy przy dużych szybkościach wymagają tłumienia. Tłumienie nie stanowi wielkiego problemu, ale staje się oczywiste, że do

umożliwienia monitorowania małych szybkości wiatru byłby potrzebny bardzo dokładny wzmacniacz napięcia stałego.

Taki system został uznany za zbyt złożony dla układu, który miał być prosty.

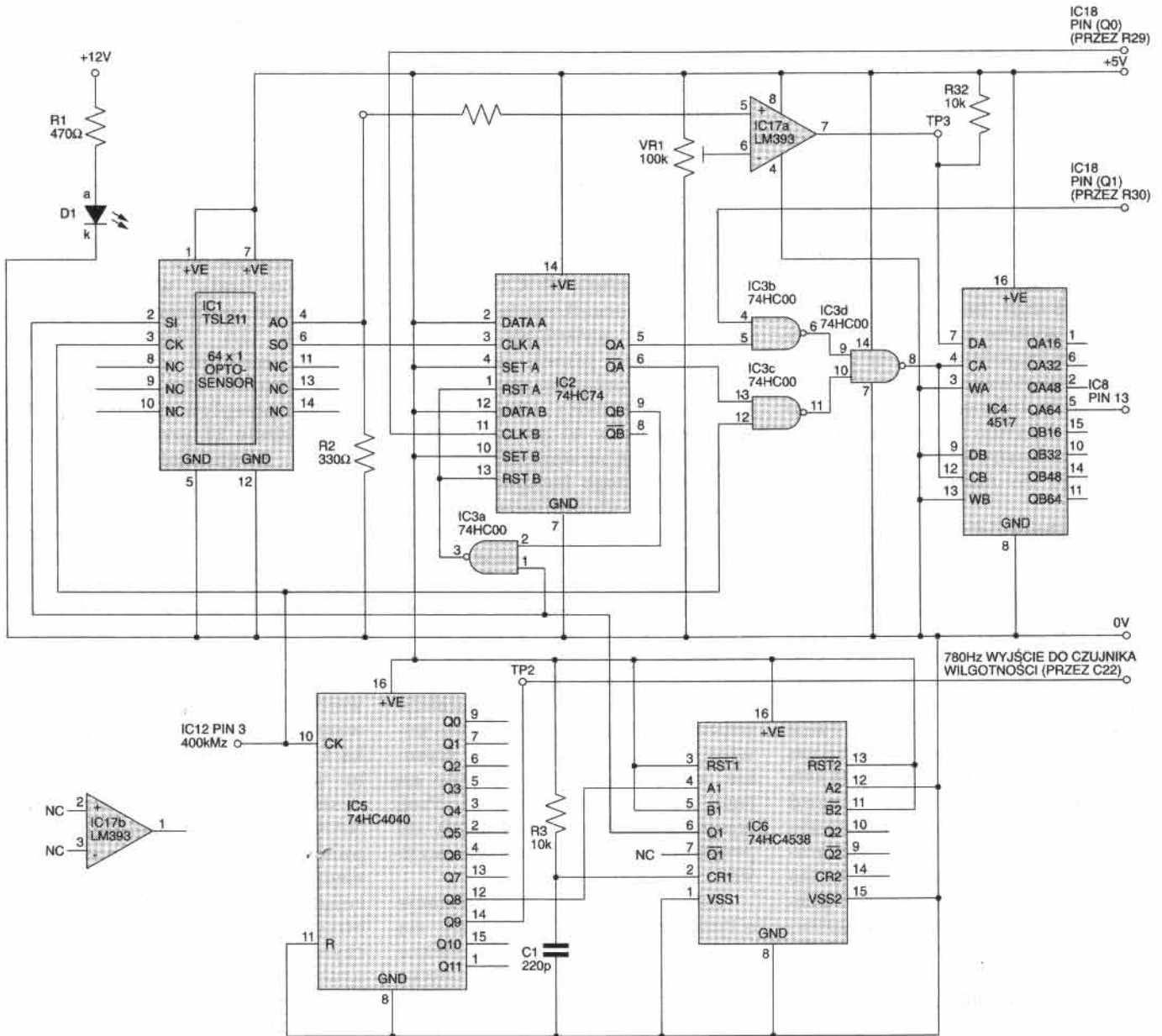
Po tym rozczarowaniu podjęto próby z ultradźwiękową techniką pomiaru szybkości wiatru. Opiera się ona na minimalnej zależności szybkości dźwięku od szybkości wiatru.

Teoretycznie do mierzenia szybkości wiatru trzeba jedynie wysłać impuls dźwiękowy z głośnika i monitorować czas, po którym dotrze on do pobliskiego mikrofonu, a obliczoną szybkość porównać z "normalną" szybkością dźwięku. Dlatego para nadajnika z odbiornikiem ultradźwiękowym wydaje się do tego idealna.

Przy budowie ultradźwiękowego miernika odległości [2], zawierającego parę ultradźwiękowego nadajnika z odbiornikiem 40kHz, zmontowano w warsztacie prymitywny tunel aerodynamiczny, do którego jako generator wiatru zastosowano domową suszarkę do włosów (z wyłączonym grzejnikiem). Obserwując na oscyloskopie nadawany i odbierany sygnał ultradźwiękowy, przy zmianach szybkości wdmuchiwanego przez suszarkę powietrza, nie stwierdzono niestety żadnych zmian opóźnienia odbieranego sygnału. Cóż za rozczarowanie!

Trzecią z testowanych możliwości pomiaru szybkości wiatru był pomiar temperatury podgrzewanego elementu. Metoda ta opiera się na zależności ilości traczonego przez element ciepła od szybkości chłodzącego go powietrza. Temperatura ochłodzonego elementu jest następnie porównywana z temperaturą drugiego podgrzewanego elementu, zamkniętego w komorze z nieruchomym powietrzem. Pomysł ten został także odrzucony, ponieważ wymagał zbyt dużego poboru mocy.

Gdyby któryś z trzech powyższych sposobów pomiaru szybkości powietrza wykazał korzystniejsze własności, mógłby zostać także użyty do pomiaru kierunku wiatru. Dwa lub więcej identycznych czujników można by wówczas zmontować w układzie mostkowym, z czujnikami skierowa-



Rys. 3. Schemat układu chorągiewki i czujnika kierunku wiatru oraz pamięci sprzęgu.

nymi w różnych kierunkach. Komputer z sygnałów każdego z czujników oraz ze znajomości ich położenia kątowych, mógłby obliczać kierunek wiatru. Ponieważ jednak żadna z metod nie okazała się dobra, autor powrócił do idei konwencjonalnych mechanicznych czujników kierunku i szybkości wiatru.

Do wskazywania kierunku wiatru została użyta tradycyjna metalowa chorągiewka w kształcie strzałki. Dawniej do podobnego celu można użyć dziurkowanej tarczy obrotowej i jednej lub kilku par LED z detektorem światła, za pomocą których można wyznaczyć kierunek ustawienia chorągiewki. Zamiast tego użyto jednak

najnowszej czujnika optycznego, układu TSL214, firmy Texas Instruments.

TSL214 jest scalonym czujnikiem optycznym, składającym się z 64 pikseli ładunkowych, ułożonych liniowo w układzie 64 x 1. Schemat blokowy tego czujnika jest pokazany na rys. 2. Energia świetlna pobudzająca piksele, każdy o rozmiarze 120mm x 70mm, wywołuje gromadzenie się w rejonie pikseli ładunku elektrycznego. Ilość zgromadzonego ładunku jest wprost proporcjonalna do ilości dopływającego światła i do czasu ekspozycji pikseli na światło, zwanego zwykle czasem całkowania.

W zasadzie TSL214 jest znacznie uproszczoną formą czujnika obrazowego CCD (charge coupled device, przetwornika o sprzężeniu ładunkowym), użytego w opisanej w [3] kamerze TV. Układ ten ma kilkaset tysięcy pikseli.

Na działanie czujnika TSL214 składają się dwa etapy - czas całkowania, w którym w pikselach jest gromadzony ładunek i czas przesyłania, w którym ładunek ten jest szeregowo przekazywany do wyjścia. Przesyłanie ładunków pikseli odbywa się pod kontrolą sygnału zegarowego (CLK) i szeregowego sygnału wejściowego (SI).

Napięcie sygnału generowanego w wyjściowym węźle A0 jest wprost proporcjonalne do

ładunku, a odwrotnie proporcjonalne do pojemności anody czujnika. Nienakładający się zegarowy sygnał kasujący jest generowany przez wewnętrzny generator w każdym cyklu zegarowym.

Czas przesyłania rozpoczyna się od koincydencji impulsu wejściowego SI z narastającym zboczem impulsu zegarowego. Kończy się on z narastającym zboczem 65-tego impulsu zegarowego, gdy wyjście przechodzi w stan wysokiej impedancji. 65-ty impuls cyklu zegarowego kończy również przesłanie informacji z ostatniego piksela i kasuje wewnętrzny rejestr przesuwany układu, przygotowując go do następnego impulsu SI.

Do chorągiewki wiatrowskażu jest przymocowana przezroczysta tarcza z naniesioną na nią nieprzejrzystą spiralą. Czujnik optyczny TLC214 jest umieszczony bezpośrednio pod tarczą, a ponad nią jest umieszczona LED. W zależności od pozycji nadanej chorągiewce przez wiatr, spiralą w różnym miejscu przesłania linię pikseli czujnika optycznego przed światłem LED. Po odczytaniu danych czujnika przez komputer, pozycja chorągiewki może zostać obliczona z pozycji pikseli przesłoniętych przez spiralę i nie odbierających światła LED.

Schemat układu obsługującego czujnik pozycji chorągiewki jest pokazany na rys. 3. IC1 jest układem czujnika optycznego TSL214, zaś D1 jest oświetlającą go LED. Czas ekspozycji czujnika musi być dość rygorystycznie sterowany w zależności od jasności LED, a czas odbierania danych przez komputer zależy od jego typu, zastosowano więc stopień tymczasowego przechowywania danych, którego podstawowym układem jest 64-bitowy rejestr przesuwany, IC4.

Sygnał zegarowy 400kHz, którego źródło zostanie pokrótce opisane dalej, taktuje z odpowiednią częstotliwością czujnik optyczny IC1. Ten sam sygnał zegarowy taktuje również 12-stopniowy licznik dwójkowy IC5. Wyjście Q8 (końcówka 12) tego licznika łączy się z wejściem zegarowym A1

(końcówka 4) podwójnego przerzutnika monostabilnego IC6, do którego doprowadza sygnał zegarowy o częstotliwości 1560Hz.

Każde z narastających zboczy tego sygnału wyzwala przerzutnik IC6, który na wyjściu Q1 (końcówka 6) generuje bardzo krótki impuls, o długości wyznaczonej przez rezystor R3 i kondensator C1. Impuls ten zostaje doprowadzony do wejścia SI IC1 (końcówka 2) i zapoczątkowuje jego 64-bitowy cykl wyjściowy. Przechowywane dane pikseli czujnika są następnie przenoszone z pełną szybkością 400kHz z jego wyjścia A0 (końcówka 4) przez rezystor R31 do komparatora IC17a.

Potrzeba tego komparatora wynika z faktu niedostosowania analogowego sygnału wyjściowego czujnika IC1 do poziomów logicznych, wymaganych przez rejestr przesuwany IC4. Napięcie wyjściowe IC1 może osiągać cztery różne dyskretne poziomy zależnie od czasu ekspozycji i oświetlenia. Zadaniem komparatora jest detekcja poprawnych poziomów, które powinny wywołać właściwe, wysokie lub niskie, stany logiczne na jego wyjściu (końcówka 7). Próg wyzwalania komparatora ustala się potencjometrem montażowym VR1.

Dane logiczne z informacją o tym, które piksele znalazły się w cieniu spirali, są przekazywane z IC17a do wejścia DA (końcówka 7) rejestru przesuwanego IC4. Gdy rejestr ten jest w trybie zapisu o dużej szybkości, każdy bit danych każdego piksela z IC17a jest wprowadzany do rejestru z częstotliwością taktowania 400kHz, a bramkowanie sygnału zegarowego jest sterowane przez przerzutnik IC2 w połączeniu z bramkami NAND IC3b, IC3c i IC3d. Bramkowanie to zależy także od dodatkowych sygnałów zegarowych z komputera.

Jeżeli z komputera nadeszło polecenie „zapisz“, to stan wyjścia QA\ IC2 (końcówka 6) jest wysoki, co pozwala bramce NAND IC3c przepuścić sygnał 400kHz do wejścia 10 bramki NAND IC3d. Równocześnie stan wyjścia QA (końcówka 5) IC2 jest niski, w wyniku czego stan wyjścia 6 bramki NAND IC3b jest wysoki, co z kolei pozwala bramce NAND IC3d

przepuścić sygnał zegarowy z IC3c do wejścia zegarowego CA IC4.

Ten sam sygnał zegarowy 400kHz taktuje czujnik IC1 i rejestr przesuwany IC4, więc komparator IC17a wprowadza do niego dane synchronicznie. Wraz z 65-ty m impulsom zegarowym po wyzwoleniu sekwencji danych wyjściowych IC1, jego wyjście SO (końcówka 6) IC1 przechodzi w stan wysoki. Wywołuje to przerzut IC2 i jego wyjścia QA i QA\ zmieniają stany logiczne.

W wyniku tego bramka IC3c zamyka przepływ sygnału 400kHz, a jej wyjście 11 przechodzi w stan wysoki. Równocześnie zostaje otwarta IC3b, pozwalając na przechodzenie impulsów zegarowych z komputera, jeżeli zostaną wysłane przez program. Każdy odebrany impuls zegarowy komputera powoduje wyprowadzenie bitu danych z wyjścia QA64 (końcówka 5) IC4.

Komputer po odczytaniu zawartości IC4 wysłał sygnał kasowania do wejścia CLKB (końcówka 11) przerzutnika IC2. Przerzuca to wyjście QB przerzutnika IC2 w stan wysoki, co otwiera bramkę NAND IC3a dla następnego impulsu z przerzutnika monostabilnego IC6 do obu końcówek kasujących IC2, RST A i RST B. Po otrzymaniu tego impulsu rozpoczyna się sekwencja zapisu danych.

Trzeba jeszcze odnotować dwa szczegóły układu. Po pierwsze rezystor R2 obniża wejście 5 IC17a do poziomu 0V gdy wyjście AO IC1 jest w stanie wysokiej impedancji. Po drugie, chociaż widać na schemacie, że wyjście 8 IC3d łączy się z obu wejściami zegarowymi IC4, CA (końcówka 4) i CB (końcówka 12), to druga połówka IC4 (B) nie jest wykorzystywana.

John Becker

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Everyday with Practical Electronics".

[1] *Everyday Practical Electronics*, listopad 1992.

[2] *Everyday Practical Electronics*, wrzesień 1992.

[3] *Everyday Practical Electronics*, maj, czerwiec 1994.