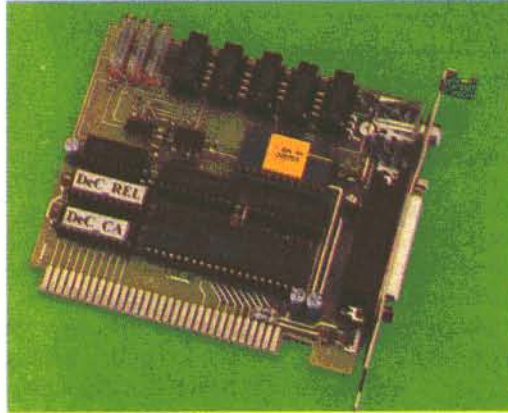


Wielozakresowy 10-bitowy konwerter C/A do PC

kit AVT-131



Przedstawiamy opis karty przetwornika cyfrowo-analogowego do komputera PC, której parametry są porównywalne z niektórymi modelami przetworników oferowanych przez czołowych producentów światowych (np. BurrBrown ACE7010), a której koszt jest dostosowany do możliwości każdego z nas.

Dodatkową zaletą tej konstrukcji jest dołączane do każdej płytki oprogramowanie, umożliwiające wykorzystanie karty jako generatora funkcyjnego (cyfrowa generacja sygnału sinusoidalnego, piłokształtnego, prostokątnego i zadanego przez użytkownika) o różnych amplitudach, programowanym offsecie i częstotliwości.

Parametry funkcjonalne karty:

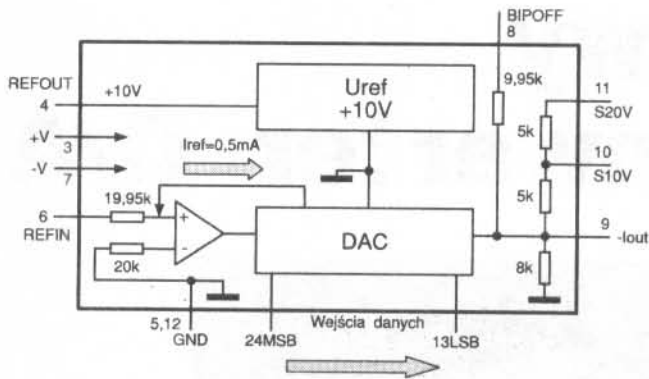
- rozdzielczość 10 bitów (1024 dyskretne poziomy napięć wyjściowych) w każdym z podzakresów;
- pięć zakresów napięcia wyjściowego:
 - zakresy bipolarne: $\pm 2.5V$, ± 5 , $\pm 10V$;
 - zakresy unipolarne: $0..10V$;
- szybkość ustalania napięcia wyjściowego: ok. 300ns (bez uwzględnienia opóźnień wywołanych konwersją I/U);
- karta jest przystosowana do współpracy z 8-bitowym slotem standardu ISA, przy czym częstotliwość zegara taktującego to złącze nie powinna być większa od 10MHz. Transfer danych do przetwornika jest prowadzony w trybie z podwójnym buforowaniem;
- rejestry karty zajmują 5 adresów z przestrzeni przeznaczanej dla kart prototypowych (są to adresy 306H - 30AH), dzięki czemu prawdopodobieństwo wystąpienia konfliktu z innymi kartami zainstalowanymi w komputerze jest minimalne;
- karta posiada dwa wyjścia analogowe (buforowane), jedno wyjście z separacją składowej stałej oraz 8-bitowe wyjście cyfrowe do dowolnego wykorzystania;
- impedancja wyjściowa (dla wyjść bez separacji pojemnościowej) - ok. 100Ω . Na wartość tej impedancji ma wpływ typ wzmacniacza zastosowanego jako wtórnik napięciowy US9;

- maksymalny błąd przetwornika: $\pm 0.5LSB$;
- nieliniowość konwersji: $\pm 1LSB$ (w odniesieniu do pełnej skali przetwarzania);
- temperaturowa niestabilność źródła napięcia odniesienia: $10ppm/C$;
- łatwość rozbudowy do wersji 12-bitowej, przez co można uzyskać 4096 poziomów napięcia wyjściowego.

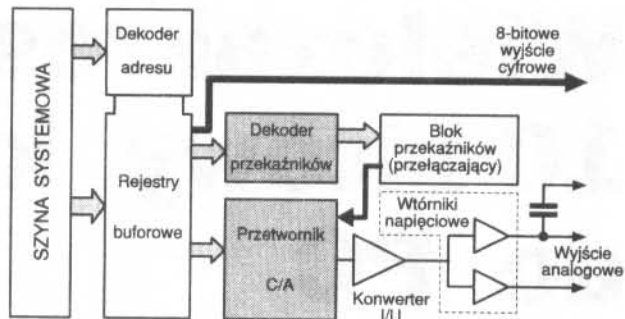
Parametry elektryczne karty:

- pobór prądu z zasilacza:
 - +5V - ok. 80mA;
 - +12V - ok. 30mA;
 - 12V - ok. 25mA;
- tolerancje napięć zasilających $\pm 5\%$ (standardowe zasilacze w komputerach PC spełniają te wymagania);
- minimalny czas trwania impulsu AEN: 300ns (zależny od rodzaju zastosowanego układu 8255);
- wartość próbki napięcia, dla zakresów:
 - $2.5V...+2.5V$ oraz $0...+5V$ $U_p=4,88mV$;
 - $-5V...+5V$ oraz $0...+10V$ $U_p=9,765mV$;
 - $10V...+10V$ $U_p=19,53mV$.

Pewną nowością jest zastąpienie standardowych elementów biernych i wtórników wyjściowego elementami SMD (techniką montażu powierzchniowego), co trochę komplikuje prace montażowe - wymagana jest nieco większa precyzja lutowania, ale za pomocą zwykłej lutownicy jest on wykonalny. W tym projekcie montaż SMD nie wykazuje jeszcze wszystkich swoich zalet, chcemy jedynie zasygnalizować nasze dążenie



Rys. 1. Schemat wewnętrzny przetwornika AD565



Rys. 2. Schemat blokowy karty przetwornika

do tworzenia coraz bardziej nowoczesnych i funkcjonalnych urządzeń, a SMD jest bardzo dynamicznie rozwijającym się kierunkiem technologii montażu podzespołów we współczesnej elektronice.

Opis przetwornika AD565

Spośród wielu dostępnych na rynku przetworników wybrano układ produkowany przez większość liczących się na świecie firm - AD565, a ściślej jego modyfikację - AD565LW, o 10-bitowym słowie danych. Jest to uproszczona wersja 12-bitowego przetwornika AD565 o identycznej dokładności, parametrach elektrycznych i czasowych - jedynie rozdzielczość jest 4-krotnie mniejsza. W zastosowaniach „pół-profesjonalnych” taka rozdzielczość jest w pełni wystarczająca - dla największego zakresu napięcia wyjściowego wartość kroku napięcia wyjściowego wynosi 19,531mV (przy pełnym zakresie 20V!). Widać zatem, że większość popularnych przyrządów nie będzie w stanie wykazać takiej różnicy.

Płytką została zaprojektowana w taki sposób, aby możliwe było stosowanie zarówno wersji AD565 (standard), jak i AD565LW (10-bitowej). Dzięki temu wykonanie 12-bitowej wersji karty nie będzie wymagać gruntownej przebudowy układu. Niewielkim modyfikacjom ulegnie tylko oprogramowanie sterujące.

Na rys. 1 przedstawiony jest schemat wewnętrzny układu przetwornika (pominięto szczegółową budowę kluczy przełączających dzielniki prądowe). Jak widać, wewnątrz układu znajdują się wszystkie elementy niezbędne do poprawnej pracy:

- wzmacniacz wejściowy będący konwerterem I/I. Wewnątrz układu znajdują się precyzyjne rezystory us-

talające dokładną wartość prądu zasilającego dzielniki prądowe;

- właściwy przetwornik C/A składający się z zespołu kluczy tranzystorowych i precyzyjnych dzielników prądowych. Klucze są sterowane z wejść cyfrowych B1...B10 (B12);

- wysokostabilne źródło napięcia odniesienia (+10V), o stosunkowo niewielkim prądzie wyjściowym (znaczej impedancji wyjściowej) - przystosowane jest do współpracy z wejściem REFIN (końcówka 6 US7), więc nie należy obciążać go dodatkowymi elementami;

- zespół rezystorów wyjściowych stanowiących dopasowane obciążenie dzielników prądowych. Odpowiednie przełączanie tych rezystorów powoduje zmianę zakresu przetwarzania oraz ustalenie trybu pracy w zakresie bipolarnym lub unipolarnym.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na fakt takiego doboru wartości elementów wewnątrz układu, aby była możliwa korekta wszystkich parametrów sygnału wyjściowego: zera i wartości maksymalnej dla układu unipolarnego oraz wartości napięcia przesunięcia (offsetu) i zakresu przetwarzania dla układu bipolarnego.

Zawarcie tych wszystkich elementów wewnątrz jednej struktury jest bardzo cenną właściwością układu AD565. Dzięki temu wszystkie wymagające największej precyzji elementy dostajemy w jednej kostce. Ponadto w byłej NRD produkowano odpowiedniki układów AD565 (C565D) i AD565LW (C5650D), co przy prawie identycznych parametrach umożliwia dalsze obniżenie ceny zestawu.

Opis układu

Na rysunku 2 przedstawiono schemat blokowy karty przetwornika. Głównymi elementami karty są:

- dekodek adresowy, oparty na

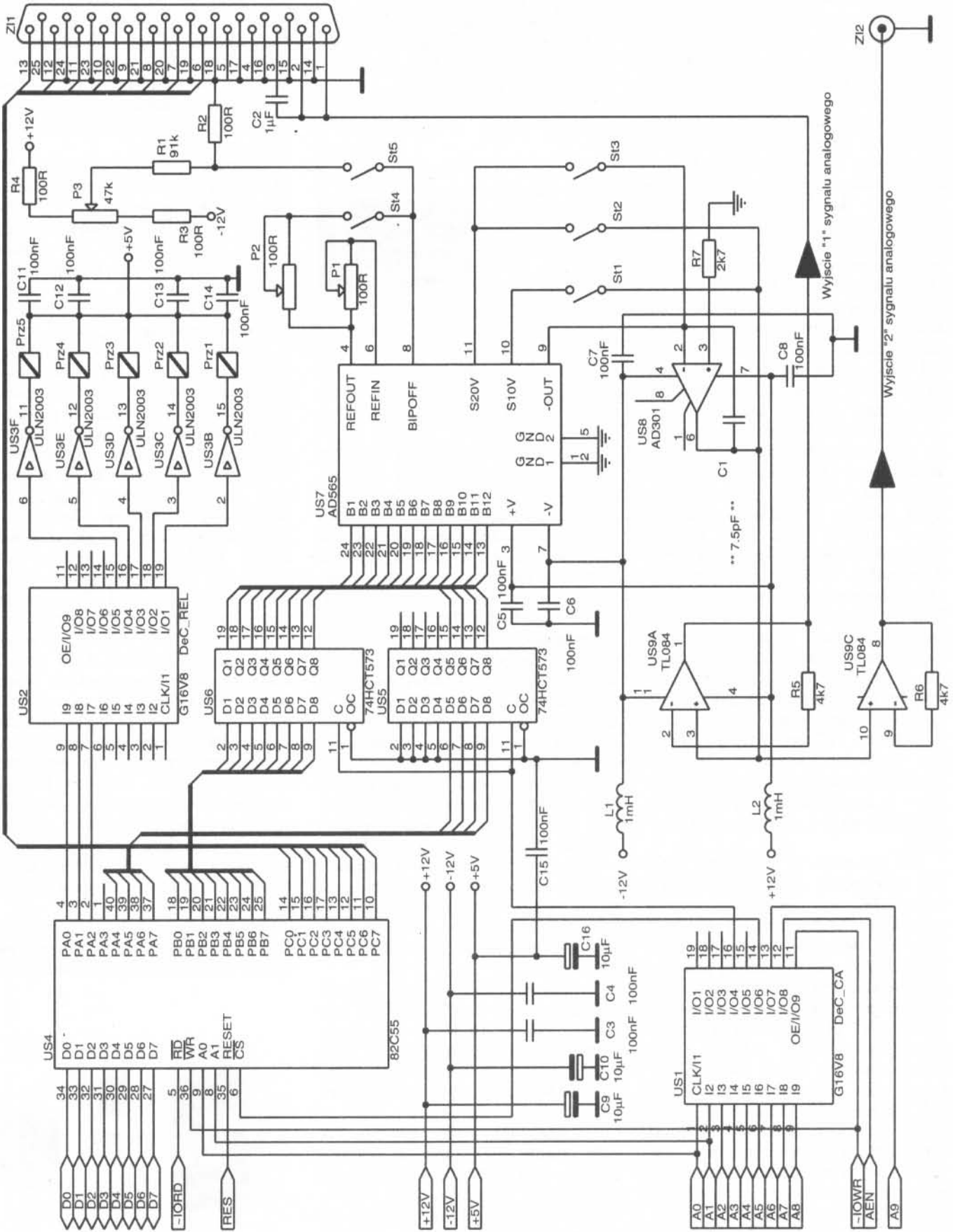
układzie PLD GAL16V8. Dekoduje następujące adresy: 306H..309H dla układu 8255 oraz 30AH dla układów drugiego poziomu buforowania 573. Układ ten został nazwany DeC_CA;

- rejestry buforowe. W celu zapewnienia poprawnego sterowania przetwornika C/A konieczne było podwójne buforowanie danych w rejestrach. Dzięki temu całe 10-bitowe słowo jest podawane na wejścia danych przetwornika pomimo przepływu informacji przez złącze 8-bitowe (IDE);

- dekodek sterujący pracą przełączników ustalających zakres pracy przetwornika. Dekoder ten wykonano także w oparciu o układ PLD, co bardzo ułatwiło programowe konfigurowanie układu (ustalenie trybu pracy). Układ ten nazwano DeC_REL. Na wyjściu dekodera znajduje się dodatkowy stopień wzmacniacza (z układem ULN2003, firmy SGS-Ates), który zapobiega przeciążeniom wyjść układu DeC_REL w przypadku stosowania przełączników o znacznym poborze mocy;

- blok przełączników konfigurujących przetwornik C/A. Zastosowane zostały miniaturowe przełączniki kontaktronowe firmy CELDUC w obudowach DIL14. Ich charakterystyczną cechą jest niewielki pobór mocy z zasilacza (ok. 6mA w stanie aktywnym przy napięciu zasilania +5V) oraz bardzo mała rezystancja styku przy niewielkich prądach - nie powinna ona przekraczać 1mΩ. Duża wartość tej rezystancji może mieć niekorzystny wpływ na dokładność pracy przetwornika;

- konwerter prąd-napięcie (I/U). Wykonany jest w standardowy sposób, znany już choćby z karty Covox'a (EP 12/93). Jediną różnicą w stosunku do tamtego rozwiązania



Rys. 3. Schemat elektryczny karty przetwornika

jest zintegrowanie w strukturze układu przetwarzającego rezystorów wzorcowych, co znacznie upraszcza konstrukcję przetwornika i jednocześnie podnosi dokładność przetwarzania;

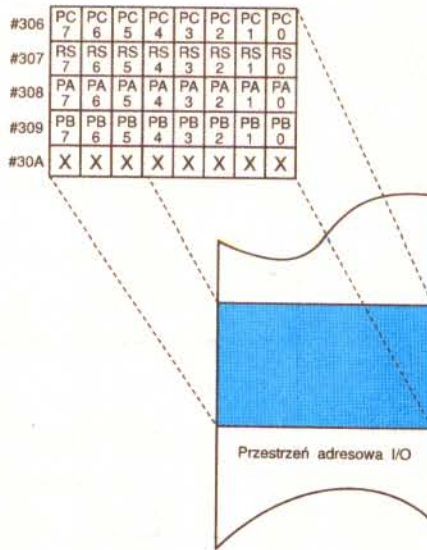
- wtórnik napięciowy, wykonany na wzmacniaczach operacyjnych, doskonale separujących obciążenie od wyjścia konwertera I/U. Dodatkowo jedno z wyjść wtórnik ma dołączony kondensator unipolarny o dość dużej pojemności, dzięki czemu możliwe jest sterowanie urządzeniem zewnętrznego przebiegiem bez składowej stałej;

- zintegrowany konwerter C/A, zawierający w swej strukturze wszystkie elementy niezbędne do poprawnej pracy. Jest on konfigurowany za pomocą przełączników sterowanych przez dekodery DeC_REL.

Jak widać, struktura przetwornika nie jest zbyt skomplikowana. Wynika to w znacznym stopniu z zastosowania układów programowalnych. Gdyby zastosowano standardowe układy TTL lub CMOS, „blok“ dekodera przełączników z rys. 2 musiałby zawierać dwa lub trzy układy scalone realizujące wprawdzie funkcję o dość jasnej strukturze logicznej, jednak fizyczna realizacja układu na płycie drukowanej znacznie odbiegałaby od tej przejrzystości. Podobnie wygląda projektowanie dekodera adresowego - rozwiązanie z układami PLD jest porównywalne pod względem kosztów z wykonaniem standardowym, lecz dużo prostsze w uruchomieniu, testowaniu i projektowaniu obwodu drukowanego.

Na **rysunku 3** pokazano schemat elektryczny karty przetwornika. Układ US1 jest dekoderym adresowym karty. Wspomniano już wcześniej, iż dekoduje on obszar od 306H..30AH, ale dla pełnej jasności na **rysunku 4** przedstawiono rejestry ukryte pod kolejnymi adresami. Układ US1 posiada dwa wyjścia - !8255_CS (selekcja układu PIO, z ang. Parallel Input Output, aktywny stan „0“) oraz 573_CLK (sygnał zegarowy dla układów drugiego stopnia buforowania). Sygnał !8255_CS powoduje wybranie układu US4 w momencie zapisu danych przez procesor pod dowolny adres z zakresu 306H-309H.

Wejścia adresowe A1, A0 US4 są dołączone do szyny adresowej komputera, dzięki czemu możliwa jest selekcja rejestrów wewnętrznych



Rys. 4. Rejestry

US4. Do wyjść portów PA oraz PB układu US4 dołączone są dwa rejestry 8-bitowe (US5 i US6). Umożliwiają one jednocześnie wpisanie kolejnego 10-bitowego słowa na wejścia danych B1..B10 układu US7. Na **rysunku 5** przedstawiony jest schemat blokowy tego rozwiązania. Układ PIO (US4) jest pierwszym stopniem buforującym słowo danych. Za pomocą wejść adresowych A0, A1 wybierany jest port do którego zostanie wpisana informacja z 8-bitowej szyny danych, a za pomocą sygnału Zapis1 informacja zostaje „zatrzaśnięta“ na wyjściach wybranego rejestru. Sygnał Zapis2 powoduje przepisanie zawartości portów PA i PB na wyjścia drugiego stopnia buforującego (US5, US6).

Tak więc sekwencja transmisji jednego słowa danych (10-bitowego) wygląda następująco:

- młodsza część słowa danych wpisana zostaje do portu PB (bity PB0..PB7);

- starsza część słowa danych wpisana zostaje na najmłodsze bity portu PA (PA0..PA3). Z całego słowa danych dostępnego na wyjściach portów w wersji z układem AD565LW nie są wykorzystane dwa bity;

- zawartość wyjść portów PA i PB zostaje przepisana za pomocą sygnału 573_CLK (Zapis2 z rys. 5) na wyjścia rejestrów US5 i US6.

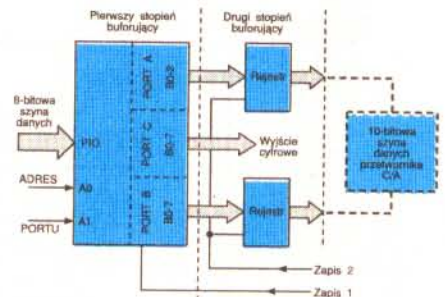
Z powyższego opisu wynika, że wysłanie jednego słowa danych wymaga aż trzech operacji zapisu I/O, co spowalnia nieco pracę karty i ogranicza szybkość zmiany napięcia

na wyjściu. W praktyce jednak mniejszą wadą okazało się pewnie komplikowanie operacji zapisu niż wzrost kosztów - układ wykorzystujący transmisję 16-bitową wymagałby wykonania długiej karty ze złączem 16-bitowym i dodatkowymi układami sterującymi.

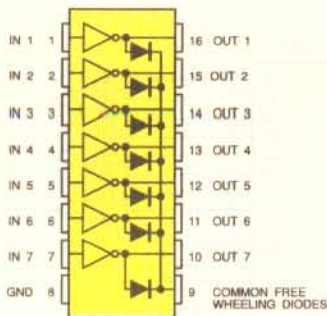
Sygnały cyfrowe z wyjść US5 i US6 są podawane na wejścia danych układu przetwornika US7. W tym układzie następuje przetworzenie słowa danych na wartość prądu wypływającego z wyjścia układu (końcówka 9 US7), który następnie w US8 jest zamieniany w proporcjonalne napięcie.

Układ US8 jest wzmacniaczem operacyjnym o dużej stabilności termicznej i bardzo małym różnicowym napięciu błęd. W prototypach zastosowano układ Analog Devices AD847, lecz w zależności od przewidywanego zakresu zastosowań można zamiast niego użyć wiele innych układów. Omówienie tego problemu znajdzie się w dalszej części artykułu. Kondensator C1 (dołączony równoległe do rezystora wzorcowego konwersji I/U) ma kompensować pojemność wyjściową przetwornika (ok. 25pF). W zależności od typu układu US8 pojemność ta może przyjmować różne wartości. Możliwe jest pominięcie tego kondensatora podczas montażu - w czasie prób nie zauważono specjalnego wpływu tej pojemności na pracę układu. Rezystor R7 jest kompensatorem rezystancji szeregowej dołączonej do wejścia „-“ US8. Powinien to być rezystor o dużej stabilności termicznej, dlatego zastosowano standardowy rezystor zamiast elementu SMD.

Do wyjścia układu US8 (na jego wyjściu otrzymujemy przetworzone napięcie wyjściowe) są dołączone dwa



Rys. 5. Schemat blokowy układów buforujących



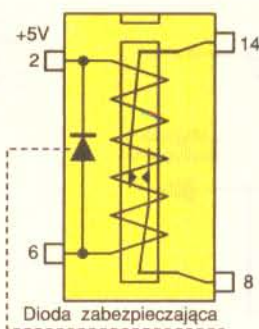
Rys. 6. Budowa wewnętrzna drivera US3

wtórnik napięciowe. Zastosowano początkowo wzmacniacz LM224 (odpowiednik LM324), lecz możliwe jest zastosowanie dowolnego typu wzmacniacza, należy tylko pamiętać o dobraniu układu o dużym zakresie napięcia wyjściowego i dużej stabilności termicznej. Zastosowanie początkowego układu wynika jedynie z trudności związanych z zaopatrzeniem w elementy SMD. Tę funkcję również dobrze spełniałby układ LM358 lub podobny. Rezystory R5 i R6 równoważą prądy wejściowe wejść „+” i „-” wzmacniaczy.

Do kompensacji błędów i precyzyjnego ustalenia górnego zakresu przetwarzania służą potencjometry P1...P3 (wielobrotowe).

Do omówienia pozostał tylko dekodery przełączników z układami współpracującymi.

Rys. 7. Przełącznik i jego układ wyprowadzeń



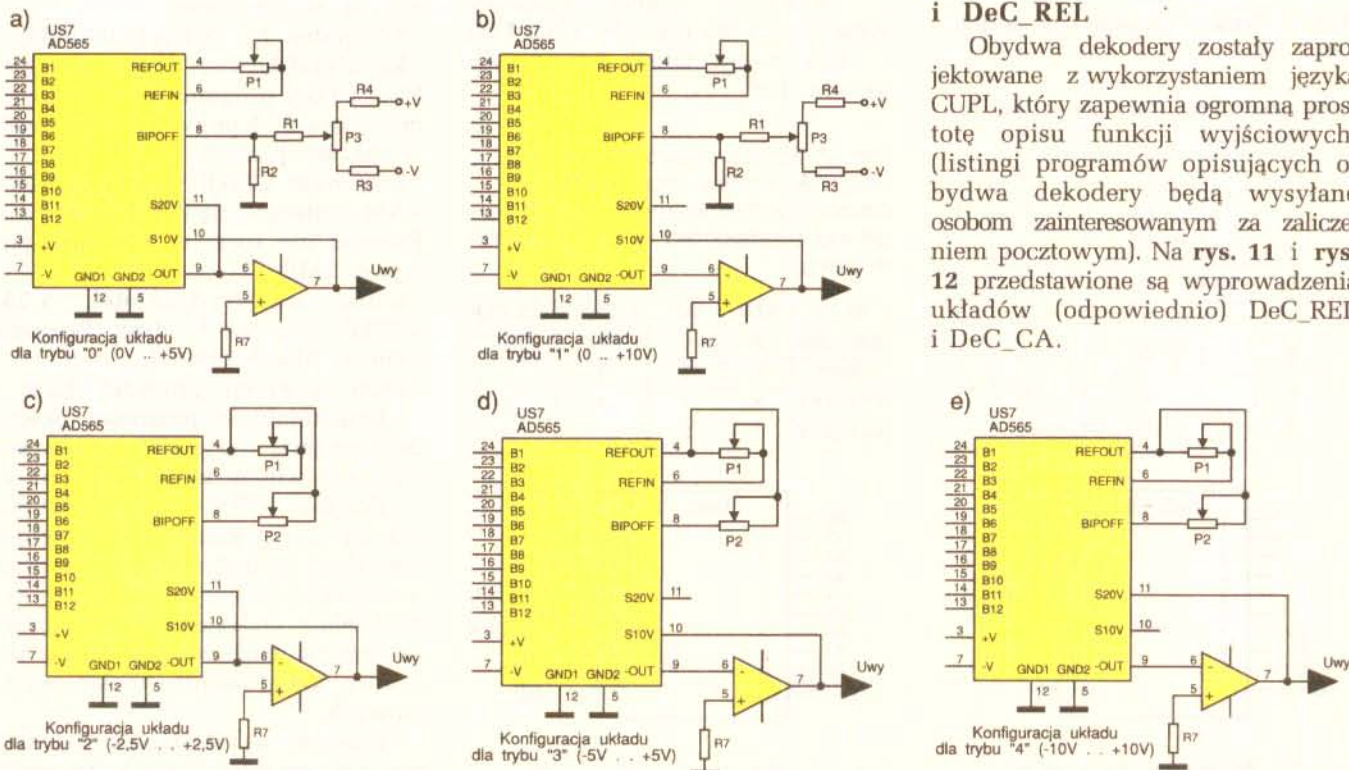
Układ US2 realizuje funkcję dekodera z trzech bitów na pięć wyjść przełącznikowych (ponieważ konieczne jest dekodowanie pięciu trybów pracy). Dokładne omówienie jego właściwości (tabela prawdy) znajduje się w dalszej części artykułu. Wyjścia dekodera sterują bazy tranzystorów zawartych w układzie US3 (7-krotny driver z wyjściowym zabezpieczeniem przeciwprzepięciowym na wyjściu). Budowę wewnętrzną tego układu przedstawia rysunek 6. Zaletą tego układu jest umieszczenie w jednej strukturze półprzewodnikowej wzmacniaczy tranzystorowych (w układzie Darlingtona) wraz z rezystorami ograniczającymi prądy baz tranzystorów, co zmniejsza ilość elementów na płycie. Wyjścia driverów sterują cewkami przełączników. Zastosowane w układzie 5-woltowe

przełączniki CELDUC D51A0078 mają wbudowane wewnątrz diody zabezpieczające przed indukowaniem się dużych napięć w cewce w momencie przełączania - jak widać obwód wyjściowy (kolektor - emiter) wzmacniacza jest zabezpieczony podwójnie. Wyprowadzenia przełącznika przedstawia rysunek 7 (obudowa DIL14). Na rys. 8a...8e pokazano konfigurację przetwornika dla różnych trybów pracy - numeracja trybów jest zgodna z danymi z tabeli prawdy (tab. 1). Schematy te proponujemy dokładnie przeanalizować, ponieważ ich zrozumienie bardzo ułatwi uruchomienie układu.

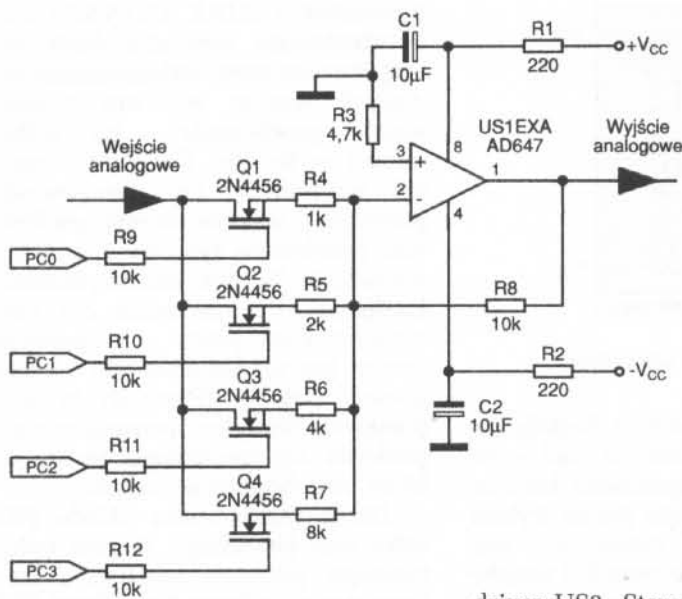
Dzięki zastosowaniu układu PIO 8255 jako pierwszego stopnia buforującego, powstała możliwość wykorzystania wolnego portu (port PC) jako dodatkowego, uniwersalnego 8-bitowego wyjścia cyfrowego. Można wykorzystać je do realizacji dowolnego zadania, np. do zdalnej regulacji wzmocnienia wzmacniacza operacyjnego (przykład na rys. 9) lub selekcji wyjścia analogowego, na które przekazywane będzie napięcie wyjściowe z przetwornika (przykład na rys. 10). Oczywiście, możliwości jest znacznie więcej, a w różnorodnych procesach pomiarowych tego typu wyjście może znaleźć szereg zastosowań.

Układy dekoderek: DeC_CA i DeC_REL

Obydwa dekodery zostały zaprojektowane z wykorzystaniem języka CUPL, który zapewnia ogromną prostotę opisu funkcji wyjściowych, (listingi programów opisujących obydwie dekodery będą wysyłane osobom zainteresowanym za zaliczeniem pocztowym). Na rys. 11 i rys. 12 przedstawione są wyprowadzenia układów (odpowiednio) DeC_REL i DeC_CA.



Rys. 8. Konfiguracje schematowe przetwornika dla pięciu różnych trybów pracy



Rys. 9. Przykładowy układ zdalnej regulacji wzmocnienia

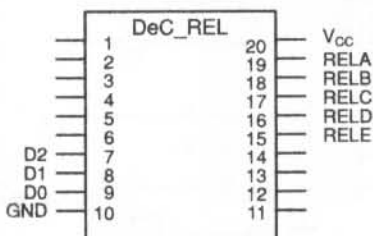
Opis funkcji wyprowadzeń układu DeC_REL:

- D0...D2 - wejścia wyboru trybu pracy (wagi wejść: D0 - 2⁰, D1 - 2¹, D2 - 2²). Są to standardowe wejścia cyfrowe w pełni kompatybilne z TTL;

- RELA..RELE - wyjścia sterujące pracą przekaźników. Mogą być obciążane prądem do ok. 30mA, lecz ze względu na brak zabezpieczenia przeciwprzepięciowego zastosowano

Tab. 1. Tabela prawdy dla układu DeC_REL

Nr trybu pracy	Prz. 1	Prz. 2	Prz. 3	Prz. 4	Prz. 5
0	1	0	1	0	1
1	1	0	0	0	1
2	1	0	1	1	0
3	1	0	0	1	0
4	0	1	0	1	0
5	1	0	1	0	1
6	1	0	1	0	1
7	1	0	1	0	1



Rys. 11. Wyprowadzenia układu DeC_REL

driver US3. Stany tych wyjść zmieniają się w zależności od numeru trybu pracy zadanego za pomocą wejść D0...D2, wg tabeli 1.

Tab. 1 jest tabelą prawdy dla układu DeC_REL.

Opis funkcji wyprowadzeń układu DeC_CA:

- A0..A9 wejścia adresowe szyny systemowej;

- ~IOWR wejście selekcji portu I/O;

- AEN sygnał synchronizujący zapis danych;

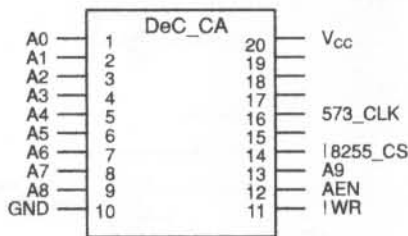
- !8255_CS - sygnał wyjściowy selekcji układu 8255;

- 573_CLK - sygnał wyjściowy, zegar zapisu dla rejestrów US5, US6;

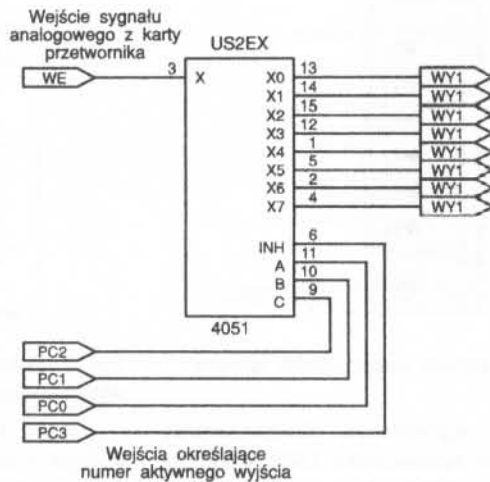
Tab. 2 jest tabelą prawdy dla układu DeC_CA.

Tab. 2. Tabela prawdy dla układu DeC_CA. Obszar zacieniowany oznacza wybór któregoś z rejestrów układu przetwornika. X oznacza stan dowolny.

A0..A9	AEN	IWR	!8255_CS	573_CLK
306H..309	0	0	0	0
30AH	0	0	1	1
XXXXXXXX	X	1	1	0
XXXXXXXX	1	X	1	0



Rys. 12. Wyprowadzenia układu DeC_CA



Rys. 10. Układ selekcji wyjścia analogowego przetwornika

Oprogramowanie

Do sterowania kartą przetwornika opracowano oprogramowanie umożliwiające łatwe wykorzystanie oferowanych przez nią możliwości. Z poziomu menu możliwe jest zadawanie parametrów sygnału wyjściowego, dzięki czemu możliwe jest wykorzystanie karty jako programowanego generatora napięciowego. Przykładem wykorzystania tych możliwości może być generator funkcyjny o regulowanej częstotliwości, amplitudzie napięcia wyjściowego i jego offsecie.

Wymagania sprzętowe programu nie są wygórowane:

- komputer PC XT/AT/386/486;
- karta grafiki VGA (kart Hercules, CGA i EGA program nie obsługuje, może nawet doprowadzić do zawieszenia komputera);
- minimum 256kB wolnej pamięci RAM (zalecane 384kB lub więcej). Program nie korzysta z pamięci powyżej 1MB;
- jedna stacja dyskietek 5.25' (360kB) lub twardy dysk. Program zajmuje niecałe 160kB;
- DOS w wersji powyżej 3.20.

Uruchomienie programu powoduje inicjację wszystkich portów karty i ustawienie trybu pracy nr 1.

Program CONV_CA.EXE wyposażony jest w kontekstową pomoc oraz zbiór procedur wspomagających uruchomienie i wyregulowanie samodzielnie wykonanej karty. Dzięki tej funkcji możliwe jest także okresowe kalibrowanie napięć wyjściowych.

Program na dyskietce jest dostarczany na zamówienie (patrz oferta AVT).

Montaż i uruchomienie

Karta przetwornika została zmontowana na dwustronnej płytce drukowanej z metalizacją otworów. Na rysunku 13 przedstawiono rozmieszczenie elementów, natomiast widoki mozaiki ścieżek obydwu stron płytki zamieszczono na wkładce wewnątrz numeru.

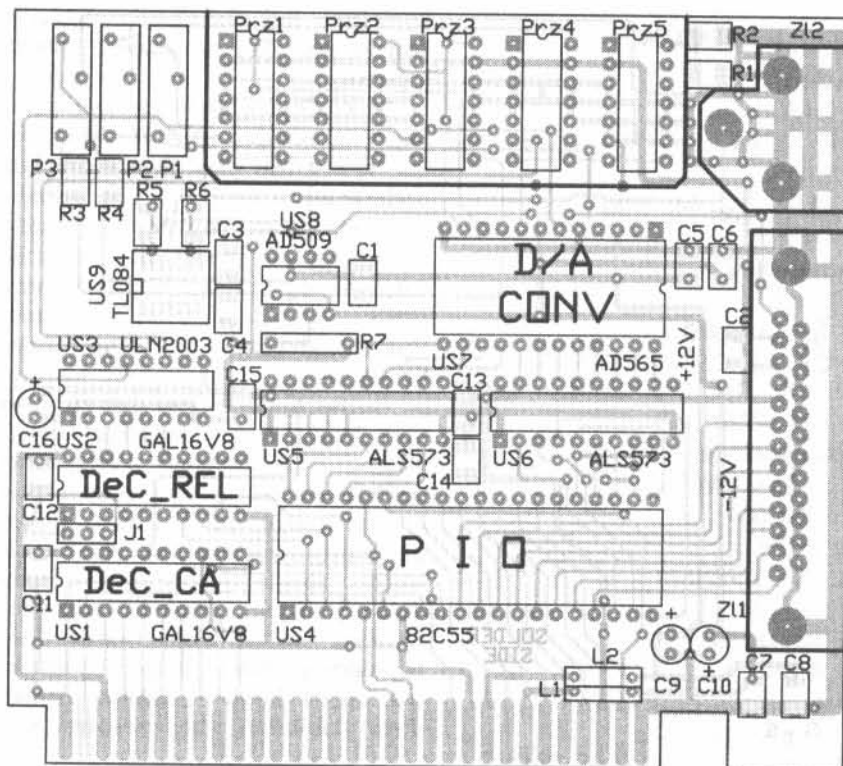
Montaż należy rozpocząć od przyłutowania elementów SMD - są to wszystkie kondensatory unipolarne, rezystory (z wyjątkiem R7) oraz układ US9. Zalecane jest stosowanie specjalnego kleju przystosowanego do wyższych temperatur (specjalne kleje do montażu SMD). Za pomocą tego kleju trzeba przykleić wszystkie elementy do płytki drukowanej (na polach lutowniczych na stronie oznaczonej Component Layer) i następnie za pomocą lutownicy z ostrym grotem przylutować końcówki do pól kontaktowych.

Montaż pozostałych elementów nie wymaga specjalnych wskazówek, warto tylko pamiętać o montowaniu układów scalonych w podstawkach - w przypadku ewentualnej awarii łatwo będzie je wymienić.

Ponieważ złącze Zl1 jest podstawą mechanicznego montażu karty w komputerze należy bardzo dokładnie przylutować końcówki wspornika złącza w otworach $\phi 3\text{mm}$. „Śledzia” przykręca się za pomocą wkrętów mocujących metalową obudowę złącza Zl1.

Do uruchomienia układu potrzebny będzie możliwie wysokiej klasy cyfrowy przyrząd pomiarowy (najlepiej 4 1/2 cyfry) oraz program testowy umożliwiający wpisywanie informacji portów o zadanym adresie. Na dyskietce dołączanej do płytki drukowanej znajduje się program PTEST.EXE służący do tego właśnie celu. Oprócz programu niezbędny będzie wskaźnik stanu logicznego - w najprostszym przypadku może to być miernik uniwersalny, oscyloskop lub próbnik stanów logicznych.

Ogólnie rzecz biorąc, testowanie karty polega na sprawdzeniu, czy dane wpisywane do portów przez program PTEST zostają zapisane na wyjścia kontrolowanych rejestrów. Najprostszą drogą jest posłużenie się opcją „Ustawienie/wyzerowanie portu”. Polega to na wpisaniu na wszystkie bity wybranego wcześniej



Rys. 13. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

portu danej o wartości FFH lub 00H. Należy sprawdzić, czy wartości danych na wyjściach portów pokrywają się z wartościami zadanymi za pomocą programu.

Proces uruchomienia rozpoczynamy od dokładnej kontroli jakości lutowania i montażu elementów oraz zamontowania karty w komputerze.

Po uruchomieniu części cyfrowej można rozpocząć regulację przetwornika C/A. Można je podzielić na dwa odrębne etapy.

Regulacje dotyczące unipolarnego trybu pracy (rys. 8a, 8b)

Regulacja zera przetwornika - za pomocą programu PTEST należy wpisać do rejestru trybu pracy (adres 308H, bity PA0...PA2) wartość 0 lub 1 - tym samym ustawiamy jeden z dwóch unipolarnych trybów pracy. Do rejestru danych przetwornika C/A wpisujemy wartość 0 (należy pamiętać o sekwencji: wpis do portu PB, później PA, następnie zapis rejestrów 573 - odpowiednio adresy: 309H, 308H, 30AH).

Za pomocą potencjometru P3 należy ustawić na wyjściu (Zl1 lub Zl2) napięcie równe 0,000V (z dokładnością do 1LSB, którego wartość jest zależna od zakresu napięcia wyjściowego). Ta regulacja uwzględ-

nia offset dodany przez wszystkie stopnie pośredniczące pomiędzy prądowym wyjściem przetwornika, a wyjściem wtórników napięciowych.

Regulacja zakresu przetwarzania - za pomocą programu PTEST należy ustawić tryb pracy 0 lub 1 (j.w.), następnie do rejestrów danych przetwornika wpisać wartość FFH (dla wersji 12-bitowej) lub 3FFH (dla wersji 10-bitowej). Za pomocą potencjometru P1 należy ustawić górną wartość napięcia wyjściowego (na zakresie 0...+10V jest to +9,9976V), przy czym można tę wartość dobrać do własnych potrzeb. Zakres regulacji rośnie wraz ze zwiększeniem wartości rezystancji tego potencjometru.

Regulacje dotyczące bipolarnego trybu pracy

Regulacja napięcia offsetu - za pomocą programu PTEST ustawiamy tryb pracy 3. Następnie wszystkie bity danych należy ustawić na „0”. Za pomocą potencjometru P2 ustawiamy napięcie wyjściowe - 5,000V.

Regulacja zakresu przetwarzania nie jest konieczna, jeżeli została poprawnie przeprowadzona dla zakresu unipolarnego. W razie konieczności można ją wykonać za pomocą potencjometru P1.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 91k Ω
 R5, R6: 4,7k Ω
 R7: 2,7k Ω
 P1, P2, R2, R3, R4: 100 Ω
 P3: 47k Ω

Kondensatory

C1: 7,5pF
 C2: 1 μ F, unipolarny
 C3, C4, C5, C6, C7, C8, C11,
 C12, C13, C14, C15: 100nF
 C9, C10, C16: 10 μ F

Układy scalone

US1, US2: G16V8
 US3: ULN2003
 US4: 82C55
 US5, US6: 74HCT573
 US7: AD565
 US8: AD301/509
 US9: TL084

Różne

L1, L2: 330mH
 Prz1, Prz2, Prz3, Prz4, Prz5: CELDUC
 - przekaźniki
 Zł1: DB25
 Zł2: Chinch

konieczna jest dodatkowa regulacja zera za pomocą zewnętrznego potencjometru.

Nieco lepsze stałoprądowe parametry ma układ AD707. Możliwe jest w zasadzie jego stosowanie bez dodatkowych regulacji, jest jednakże stosunkowo powolny (szybkość narastania sygnału na wyjściu 0,3 μ V/s), co dyskwalifikuje go przy pracy z sygnałami o szybko narastających zboczach i o dużych amplitudach.

Wzmacniacze AD847 lub HA2544 mają bardzo dobre parametry dynamiczne (czas ustalania sygnału na wyjściu poniżej 110ns, przy skoku o amplitudzie 10V) i dość dobre parametry stałoprądowe, są jednak bardzo drogie (koszt 1szt. rzędu 20USD). Z tego powodu zdecydowaliśmy się na zastosowanie dość popularnego precyzyjnego wzmacniacza operacyjnego - AD301. Bardzo duża stabilność długoczasowa, nis-

kie szumy, dobre parametry dynamiczne, brak konieczności (w praktyce) stosowania zewnętrznych elementów zerujących oraz dość atrakcyjna cena stawia ten układ w roli niemal idealnego kandydata do stosowania w tej aplikacji. Można oczywiście stosować inne, tańsze układy (były przeprowadzone próby z TL081, trzeba przyznać - dość udane), lecz trzeba zdawać sobie sprawę z faktu iż osiągnięcie odpowiednich efektów, tzn. pełne wykorzystanie możliwości przetwornika, wymaga zastosowania wysokiej klasy układu wyjściowego.

Podobnie jest z układem wtórniaka napięciowego - zastosowanie popularnego wzmacniacza zmniejsza nieco możliwości karty, lecz zastosowanie profesjonalnego bufora (np. LM302) okazało się niemożliwe ze względu na koszt.

Piotr Zbysiński, AVT

Oprogramowanie - Paweł Zbysiński

Wszystkie te regulacje przeprowadzamy po uprzednim zainicjowaniu układu 8255. Przeprowadzić to można za pomocą programu PTEST. Najlepiej jest to zrobić w następujący sposób: pod adres 307H wpisać wartość 80H, dzięki czemu wszystkie porty pracują w trybie „0” (dla układu 8255) jako wyjścia. Oznacza to po prostu wykorzystanie PIO jako prostego trzykrotnego 8-bitowego wyjścia typu „latch”.

Uwagi końcowe

Jak wspomniano wcześniej, istnieje kilka typów wzmacniaczy operacyjnych, które w zależności od zasobności kieszeni, potrzeb i oczekiwanych parametrów można zastosować jako konwerter I/U (US8).

Układem niejako zaprojektowanym do współpracy z przetwornikiem AD565 jest wzmacniacz AD509. Jest to układ o bardzo krótkim czasie ustalania sygnału na wyjściu (poniżej 500ns) i dużej wydajności prądowej stopnia wyjściowego, dzięki czemu może sterować obciążeniami typu pojemnościowego. Niestety, ma on stosunkowo duży dryft wejściowego napięcia niezrównoważenia - ok. 30 μ V/C i w zastosowaniach wymagających znacznej precyzji